

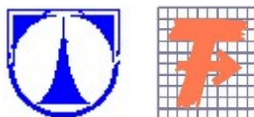
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

**LIBEREC 20013**

**Bc. MARTINA MARKOVÁ**

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: Produktový management - Textil

**HODNOCENÍ VLIVU VAZBY TKANINY NA  
HODNOTU JEJÍ PRODYŠNOSTI**

**EVALUATION INFLUENCE WEAVE OF  
AIR PERMEABILITY VALUE**

Bc. Martina Marková

KHT-192

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Marie Havlová Ph.D.

**Rozsah práce:**

Počet stran textu:	78
Počet obrázků:	14
Počet grafů	52
Počet příloh	9

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martina Marková**  
Osobní číslo: **T11000111**  
Studijní program: **N3108 Průmyslový management**  
Studijní obor: **Produktový management - Textil**  
Název tématu: **Hodnocení vlivu vazby tkaniny na hodnotu její prodyšnosti**  
Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. V rešeršní části práce zpracujte problematiku hodnocení vzájemného vztahu mezi prodyšností tkaniny a její strukturou. Zaměřte se přitom především na vliv vazby tkaniny a na definici tzv. vertikální porosity tkaniny. Specifikujte rozdíly ve struktuře a vlastnostech nití (monofil, multifil, staplová příze) s ohledem na vztah mezi strukturou tkaniny a její prodyšností. Také v tomto případě se zaměřte především na vznik mezinitných pórů v místech flotází nití a na deformace struktury tkaniny způsobené proudícím vzduchem během měření.
2. V experimentální části práce navrhnete a realizujete vhodný experiment, který mimo jiné ukáže, zda a jakým způsobem ovlivňuje změna tlakového rozdílu po obou stranách hodnocené textilie během měření hodnotu její prodyšnosti a vliv vertikálních pórů (vazby tkaniny) na prodyšnost.
3. Výsledky experimentu zpracujte vhodnými statistickými metodami. Pokuste se ověřit některé stávající modely, případně navrhnout model vlastní. Všechny zjištěné poznatky diskutujte a vyslovte doporučení z hlediska dalšího výzkumu i praktických aplikací řešené problematiky. Pokuste se také porovnat chování tkanin vyrobených z multifilů a tkanin vyrobených ze staplových přízí.

## P R O H L Á Š E N Í

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum 18.5.2013

Podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla velmi poděkovat Ing. Marii Havlové za vedení mé diplomové práce, konzultace a její cenné rady a připomínky. Děkuji také laborantkám Katedry textilních materiálů a Katedry textilních technologií za poskytnutí laboratorní techniky a příslušnou instruktáž.

Poděkování patří i mé rodině a přátelům za podporu po celou dobu mého studia. Zvláště pak děkuji svému příteli za to, že mi byl po celou dobu studia velkou oporou, za jeho pomoc, podporu, pochopení a trpělivost.

## ABSTRAKT

Hlavním tématem této práce je vliv vazby tkaniny na hodnotu její prodyšnosti. Práce je rozdělena na rešeršní část a experimentální část. V rešeršní části jsou definovány parametry nití a tkanin, které ovlivňují prodyšnost, porosita tkaniny a samotná prodyšnost. Uvedeny jsou i teoretické modely pro vyjádření prodyšnosti tkaniny. V experimentální části jsou analyzovány strukturní parametry experimentálních tkanin, porosita těchto tkanin a prodyšnost. Sledovány jsou vliv strukturních parametrů, zvláště vazby, na hodnotu prodyšnosti experimentálních tkanin a prodyšnost měnící se v závislosti na měnícím se tlakovém spádu. Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti jsou porovnány s hodnotami vypočítanými podle teoretických modelů.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Staplová příze, multifil, vazba tkaniny, porosita, vertikální porosita, prodyšnost

## ABSTRACT

Main topic of this thesis is the influence of weave to its air permeability. Thesis is divided into research part and experimental part. In research part are defined yarns and fabrics parameters, which affect the air permeability, fabric porosity and air permeability. Theoretical models to express the air permeability of fabric are also given. In experimental part are analyzed structural parameters of experimental fabrics, porosity and air permeability of these fabrics. Influence of structural parameters, especially weave, to air permeability of experimental fabrics and air permeability changing according to changing pressure drop are monitored. Experimentally measured values of air permeability are compared with values calculated by theoretical models.

## KEY WORDS

Staple yarn, multifilament, weave, porosity, vertical porosity, air permeability

## Obsah

Seznam symbolů a zkratk .....	6
1 ÚVOD .....	9
2 CÍLE PRÁCE .....	10
3 CHARAKTERISTIKA TEXTILNÍCH STRUKTUR .....	11
3.1 Charakteristika nití .....	11
3.1.1 Staplová příze .....	11
3.1.2 Nitě z nekonečných vláken .....	11
3.1.3 Parametry nití .....	12
3.2 Deformace nití ve tkanině .....	15
3.2.1 Vliv ohybové tuhosti nití na jejich deformaci .....	16
3.3 Charakteristika tkanin .....	17
3.3.1 Parametry tkanin .....	17
4 POROSITA .....	23
4.1 Objemová definice porosity .....	24
4.2 Definice porosity z měrných hmotností .....	24
4.3 Plošná definice porosity .....	25
4.4 Modifikovaná 2-D porosita .....	25
4.5 Vertikální porosita .....	27
5 PRODYŠNOST .....	30
5.1 Teoretický model predikce prodyšnosti definovaný Ogulatou .....	30
5.2 Teoretický model predikce prodyšnosti definovaný Kulichenkem .....	32
5.3 Predikce prodyšnosti na základě hydraulického průměru póru .....	33
6 EXPERIMENT .....	34
6.1 Charakteristika experimentálních tkanin .....	34
6.1.1 Tkaniny z polyesterové staplové příze – 1. sada .....	34
6.1.2 Tkaniny z polyesterové staplové příze – 2. sada .....	34
6.1.3 Tkaniny z polyamidového multifilu .....	35
6.1.4 Vazby experimentálních tkanin .....	36
6.2 Analýza struktury experimentálních tkanin .....	37
6.2.1 Dostava osnovy a útku .....	37

6.2.2 Vazby tkanin .....	41
6.2.3 Tloušťka tkanin .....	43
6.2.4 Plošná hmotnost tkanin .....	46
6.2.5 Průměr osnovních a útkových nití .....	47
6.3 Porosita .....	51
6.3.1 Porosita vypočítaná z měrných hmotností .....	52
6.3.2 Plošná porosita .....	53
6.3.3 Modifikovaná 2D porosita .....	55
6.3.4 Vertikální porosita .....	56
6.4 Prodyšnost .....	58
6.4.1 Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti .....	58
6.4.2 Vypočítaná prodyšnost .....	66
7 ZÁVĚR .....	73
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	76
9 SEZNAM PŘÍLOH .....	78



**Seznam symbolů a zkratk**

$a$	[mm]	šířka deformované nitě
$a_p$	[m]	rozměr póru
$a_u$	[m]	poloosa elipsy v modelu vertikální porosity
$A$	[m]	rozteč osnovních nití
$A_1$	[m <sup>2</sup> ]	otevřená plocha pórové buňky 1
$A_2$	[m <sup>2</sup> ]	otevřená plocha pórové buňky 2
$A_3$	[m <sup>2</sup> ]	otevřená plocha pórové buňky 3
$A_4$	[m <sup>2</sup> ]	otevřená plocha pórové buňky 4
$A_C$	[m <sup>2</sup> ]	plocha průřezu póru
$A_t$	[m <sup>2</sup> ]	celková plocha tkaniny
$b$	[mm]	výška deformované nitě
$b_p$	[m]	rozměr pórové buňky
$b_u$	[m]	poloosa elipsy v modelu vertikální porosity
$B$	[m]	rozteč útkových nití
$CFF$	[-]	faktor pevnosti zakřížení
$d$	[mm]	průměr nitě
$d_h$	[m]	hydraulický průměr póru
$D_{ct}$	[1/m]	skutečná dostava čtvercové tkaniny
$D_{ct\ max}$	[1/m]	maximální dostava čtvercové tkaniny
$D_o$	[1/m]	dostava osnovních nití
$D_u$	[1/m]	dostava útkových nití
$E_{ol}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha jednoho osnovního vertikálního póru
$E_{ul}$	[m <sup>2</sup> ]	plocha jednoho útkového vertikálního póru
$f$	[-]	stupeň provázání tkaniny
$f^m$	[-]	opravný činitel
$FYF$	[-]	faktor flotující nitě
$G$	[g/m <sup>2</sup> ]	plošná hmotnost tkaniny
$l$	[km]	délka nitě
$l_{fo}$	[m]	délka jedné flotáže osnovní nitě
$l_{fu}$	[m]	délka jedné flotáže útkové nitě
$L_o$	[m]	délka nitě ve směru osnovy
$L_u$	[m]	délka nitě ve směru útku
$m$	[-]	vazební exponent
$m_n$	[g]	hmotnost nitě
$m_t$	[g]	hmotnost tkaniny
$m_p$	[-]	počet pórových buněk na jednotku tkaniny
$n_f$	[-]	počet fibril v multifilu
$n$	[-]	koefficient režimu proudění

$n_o$	[-]	počet osnovních vazných bodů ve střídě vazby
$n_u$	[-]	počet útkových vazných bodů ve střídě vazby
$O$	[m]	omočený obvod póru
$p_1$	[-]	počet pórů typu 1
$p_2$	[-]	počet pórů typu 2
$p_3$	[-]	počet pórů typu 3
$p_4$	[-]	počet pórů typu 4
$P_G$	[-]	modifikovaná plošná porosita
$P_{fo}$	[-]	počet osnovních flotází ve střídě vazby
$P_{fu}$	[-]	počet útkových flotází ve střídě vazby
$p_{lo}$	[-]	počet nezakřížených úseků osnovní nitě v 1 flotáži
$p_{lu}$	[-]	počet nezakřížených úseků útkové nitě v 1 flotáži
$P_{ver}$	[-]	vertikální porosita
$Q$	[m <sup>3</sup> /s]	celkový objem vzduchu, který projde skrze tkaninu
$Q_1$	[l/m <sup>2</sup> /s]	prodyšnost tkaniny
$Q_2$	[l/m <sup>2</sup> /s]	prodyšnost tkaniny
$Re$	[-]	Reynoldsovo číslo
$S_t$	[m <sup>2</sup> ]	plocha tkaniny
$S_v$	[m <sup>2</sup> ]	plocha průřezu vláken
$S_{FO}$	[m <sup>2</sup> ]	celková plocha průmětu flotáže osnovní nitě
$S_{FU}$	[m <sup>2</sup> ]	celková plocha průmětu flotáže útkové nitě
$S_C$	[m <sup>2</sup> ]	celková plocha průřezu nitě
$s_o$	[%]	setkání osnovní nitě
$s_u$	[%]	setkání útkové nitě
$T$	[tex]	jemnost nitě
$T_o$	[tex]	jemnost osnovní nitě
$T_u$	[tex]	jemnost útkové nitě
$t_f$	[tex]	jemnost fibril
$t$	[m]	tloušťka tkaniny
$U$	[m/s]	celková rychlost proudění vzduchu tkaninou
$U_m$	[m/s]	střední rychlost proudění vzduchu tkaninou
$v$	[-]	počet vazných bodů ve střídě vazby
$V_v$	[m <sup>3</sup> ]	objem vláken v niti
$V_n$	[m <sup>3</sup> ]	celkový objem nitě
$V_t$	[m <sup>3</sup> ]	celkový objem tkaniny
$Z$	[-]	zakrytí tkaniny
$z$	[m]	maximální oddálení neprovazujícího úseku nitě
$Z_o$	[-]	zakrytí osnovy
$z_o$	[m]	maximální průhyb osnovní nitě
$Z_u$	[-]	zakrytí útku

$z_u$	[m]	maximální průhyb útkové nitě
$\gamma$	[kg/m <sup>3</sup> ]	měrná hmotnost nitě
$\Delta P$	[Pa]	tlakový spád
$\varepsilon$	[-]	porosita
$\varepsilon_l$	[-]	relativní zploštění nitě
$\varepsilon_2$	[-]	relativní rozšíření nitě
$\Psi$	[-]	plošná porosita
$\Psi_v$	[-]	porosita dle objemové definice
$\Psi_\rho$	[-]	porosita z měrných objemových hmotností
$\lambda$	[-]	koeficient laminárního/ turbulentního proudění
$\eta$	[Pa.s]	dynamická viskozita vzduchu
$\mu_n$	[-]	zaplnění nitě
$\mu_t$	[-]	zaplnění tkaniny
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota vlákenného materiálu
$\rho_t$	[kg/m <sup>3</sup> ]	měrná objemová hmotnost tkaniny
$\nu$	[m <sup>2</sup> /s]	kinematická viskozita vzduchu

## 1 ÚVOD

Prodyšnost je důležitou vlastností textilií, která ovlivňuje jejich další využití, buď z hlediska komfortu nošení v oblasti oděvních textilií, nebo z hlediska účinnosti v oblasti technických textilií. Prodyšnost lze jednoduše definovat jako schopnost textilie propouštět vzduch z jedné její strany na druhou.

Prodyšnost tkaniny lze predikovat na základě znalosti jejích strukturních parametrů, což umožňuje optimalizovat výrobní proces tak, aby výsledná tkanina odpovídala požadavkům, které jsou na ni z hlediska hodnoty prodyšnosti kladeny. Predikce prodyšnosti však bývá složitá kvůli velkému množství faktorů, které prodyšnost tkaniny ovlivňují.

Prodyšnost tkaniny závisí na strukturních parametrech použitých nití a strukturních parametrech tkaniny, zvláště pak na počtu, tvaru, velikosti a rozmístění mezinitných pórů ve tkanině, tedy na celkové porositě tkaniny. Porositu lze jednoduše definovat jako podíl otevřeného prostoru ve tkanině ku celkové ploše tkaniny. Existuje několik způsobů, jak vyjádřit porositu tkaniny, ovšem ne všechny berou v úvahu tvar a rozmístění pórů ve tkanině, tedy nezahrnují vliv vazby tkaniny. Přitom právě způsob provázání, pevnost zakřížení a přítomnost, počet a délka flotujících nití značně ovlivňují prodyšnost tkaniny. Při hodnocení a predikci prodyšnosti je tedy třeba brát v úvahu vedle plošné porosity i porositu vertikální, která úzce souvisí právě s vazbou tkaniny. Vertikální porosita umožňuje průchod vzduchu tkaninou ve vertikálním směru, což k výsledné prodyšnosti tkaniny často významně přispívá.

Hlavním tématem této diplomové práce je právě vliv vazby tkaniny a její vertikální porosity na hodnotu prodyšnosti. Pozornost je v této práci zaměřena i na rozdíly mezi staplovou přízí a multifilem, protože každá z těchto délkových textilií se chová jinak, ať už ve vztahu k parametrům ovlivňujícím prodyšnost tkaniny, nebo ve vztahu k prodyšnosti samotné.

## 2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem této práce je popsat vliv vazby tkaniny na hodnotu prodyšnosti, jak napovídá název. Vazba tkaniny neovlivňuje prodyšnost izolovaně bez dalších souvislostí, a proto jsou v této práci posuzovány i vlivy dalších parametrů tkaniny na prodyšnost. Práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část.

V teoretické části práce jsou nejprve popsány strukturní parametry nití a tkanin, které ovlivňují prodyšnost tkanin, spolu s některými rozdíly mezi strukturou staplové příze a nitě z nekonečných vláken. Definována je i porosita tkanin, která je dalším důležitým parametrem ovlivňujícím prodyšnost. Závěr teoretické části se zabývá definicí prodyšnosti a vybranými teoretickými modely pro predikci prodyšnosti.

V experimentální části jsou nejprve popsány 3 sady experimentálních tkanin, jejichž strukturou a prodyšností se celá experimentální část práce zabývá. Dále následuje analýza strukturních parametrů experimentálních tkanin, dostavy osnovy a útku, vazby tkanin, jejich tloušťky a plošné hmotnosti a průměru osnovních a útkových nití, které ovlivňují prodyšnost, a jejich vlivu na prodyšnost tkanin. Pozornost je zaměřena především na parametry vazby, faktor pevnosti zakřížení CFF a faktor flotující nitě FYF, a jejich vlivu na prodyšnost experimentálních tkanin. Diskutovány jsou i rozdíly mezi tkaninou ze staplových přízí a tkaninou z multifilu. Experimentální část je dále zaměřena na porositu experimentálních tkanin. Ta je vyjádřena podle několika vybraných modelů a každý z těchto modelů je hodnocen z hlediska vlivu porosity na prodyšnost. Opět jsou zde diskutovány rozdíly mezi tkaninou ze staplových přízí a tkaninou z multifilu. Závěr experimentální části je opět věnován prodyšnosti. Nejprve je popsán a analyzován experiment, jehož cílem bylo zjistit, zda a jakým způsobem ovlivňuje změna tlakového spádu prodyšnost experimentálních tkanin. Diskutovány jsou opět rozdíly mezi tkaninou ze staplových přízí a tkaninou z multifilu. Poté následuje ověření teoretických modelů pro predikci prodyšnosti.

V závěru práce jsou diskutovány všechny nově zjištěné poznatky a navrženy další oblasti zkoumání i možnosti praktického využití.

### 3 CHARAKTERISTIKA TEXTILNÍCH STRUKTUR

Tato kapitola se věnuje charakteristice základních vlastností nití a tkanin, které mají významný vliv na hodnoty a hodnocení prodyšnosti. V této kapitole budou také charakterizovány a porovnány struktura a vlastnosti staplové příze a multifilu, následně budou porovnány i struktura a vlastnosti staplových a multifilových tkanin.

#### 3.1 Charakteristika nití

Nit je definována jako délková textilie, jejíž jeden rozměr řádově převyšuje druhý, vyrobená ze staplových nebo nekonečných vláken se zákrutem nebo bez zákrutu. Označení nit se používá souhrnně pro přízi, monofil i multifil.

##### 3.1.1 Staplová příze

Staplová příze je příze vyrobená ze spřadatelných vláken konečné délky zpevněná zákrutem tak, že při přetrhu příze dochází k přetržení jednotlivých vláken. Většina staplových vláken jsou vlákna přírodní. Příze vyrobená z přírodních staplových vláken vykazuje velkou nestejnomořnost. Dále lze staplová vlákna vyrobit i z chemických vláken řezáním nebo trháním [1].

Ze dvou nebo více jednoduchých staplových přízí vzniká příze družená. Zakroucením dvou nebo více jednoduchých staplových přízí vzniká příze skaná. Použitím vhodné jednoduché příze a vhodného zakroucení lze vytvořit přízi, kterou lze využít nejen pro oděvní, ale i pro technické textilie.

##### 3.1.2 Nitě z nekonečných vláken

Většina nekonečných vláken jsou vlákna syntetická, jediným přírodním nekonečným vláknem je hedvábí, jehož délka se pohybuje v intervalu 1 – 2,5 km. U syntetických vláken lze záměrně měnit chemické složení, geometrii i strukturu tak, aby co nejlépe vyhovovala účelu použití [1]. Nitě z nekonečných vláken se podle jejich struktury dělí na monofil a multifil.

###### 3.1.2.1 *Monofil*

Monofilní nit je definována jako nekonečné vlákno vyrobené chemickou cestou, které je bez dalších úprav vhodné pro zpracování na textilní výrobek. Průměr monofilu se pohybuje v rozmezí 0,1 – 1 mm [2].

###### 3.1.2.2 *Multifil*

Multifilní nit je definována jako délková textilie složená z dvou a více nekonečných vláken, fibril, vyrobených chemickou cestou. Jednotlivé fibrily mohou být uloženy

vedle sebe, čímž vznikne sdružená multifilní nit, nebo mohou být zpevněny ochranným zákrutem, čímž vznikne skaná multifilní nit. Poslední možností, jak udržet jednotlivé fibrily pohromadě, je tvarování multifilu.

### 3.1.3 Parametry nití

Základními parametry nití, které mají významný vliv na prodyšnost, jsou jemnost, průměr, zákrut, zaplnění a v případě staplové příze chlupatost. Jednotlivé parametry budou nyní blíže specifikovány.

#### 3.1.3.1 Jemnost

Jemnost neboli délková hmotnost je veličina, která vyjadřuje vztah mezi hmotností nitě a její délkou. Jemnost se nejčastěji vyjadřuje v jednotkách tex nebo dtex. Jemnost nití lze změřit gravimetrickou metodou. [3]. Obecně lze jemnost vypočítat ze vztahu:

$$T = \frac{m_n}{l} \quad (1)$$

$T$  [tex] je jemnost nitě,  $m_n$  [g] je hmotnost nitě a  $l$  [km] je délka nitě.

Jemnost multifilu lze vyjádřit na základě znalosti jemnosti  $t_f$  [tex] a počtu jednotlivých fibril  $n_f$  [-] podle vztahu:

$$T = n_f \cdot t_f \quad (2)$$

#### 3.1.3.2 Průměr

Průměr nitě je parametr, který úzce souvisí s jemností nitě. Na základě znalosti průměru nitě lze predikovat geometrii vazné vlny a následně i zakrytí a prodyšnost. V odborných člancích [4] je průměr označován jako rozhraní mezi jádrem a obalem nitě. Průměr lze vyjádřit na základě znalosti jemnosti a zaplnění nitě a hustoty vlákenného materiálu podle vztahu:

$$d = \sqrt{\frac{4T}{\pi\rho\mu_n}} \quad (3)$$

$d_s$  [m] je substanční průměr nitě,  $T$  [tex] je jemnost nitě,  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] je hustota vlákenného materiálu a  $\mu_n$  [-] je zaplnění nitě.

### 3.1.3.3 Zaplnění

V důsledku vzduchových mezer, které nit obsahuje, je hustota nitě menší než hustota vláken. Proto bylo definováno zaplnění nitě, které vyjadřuje podíl vláken v niti, nebo-li míru zaplnění nitě vlákny. Zaplnění je bezrozměrná veličina nabývající hodnot v intervalu  $<0,1>$ . Čím vyšší je hodnota zaplnění, tím větší je obsah vláken v niti a menší obsah vzduchu. Zaplnění nitě dosahuje zpravidla nejvyšších hodnot uprostřed nitě, tedy v jádru, kde dochází k největšímu stlačení vláken vlivem vrstev zakroucených vláken. Směrem k povrchu příze potom zaplnění postupně klesá [4]. V odborné literatuře [5] existují 3 definice zaplnění.

- 1) **Objemová definice zaplnění**, kterou lze vyjádřit zaplnění na základě znalosti objemu vláken a celkového objemu nitě podle vztahu [5]:

$$\mu_n = \frac{V_v}{V_c} \quad (4)$$

$\mu_n$  [-] je zaplnění nitě,  $V_v$  [m<sup>3</sup>] je objem vláken a  $V_c$  [m<sup>3</sup>] je celkový objem nitě.

- 2) **Plošná definice zaplnění**, kterou lze vyjádřit zaplnění z řezu nitě, na základě znalosti plochy vláken v řezu nitě a celkové plochy řezu nitě podle vztahu [5]:

$$\mu_n = \frac{S}{S_c} \quad (5)$$

$\mu_n$  [-] je zaplnění nitě,  $S$  [m<sup>2</sup>] je plocha vláken a  $S_c$  [m<sup>2</sup>] je celková plocha nitě.

- 3) **Hmotnostní definice zaplnění**, kterou lze vyjádřit na základě znalosti měrné hmotnosti vláken vyjádřené jako  $\rho = M/V$  a měrné hmotnosti nitě vyjádřené jako  $\gamma = M/V_c$  dosazením do vztahu (4) [5]:

$$\mu_n = \frac{V}{V_c} = \frac{(V_c \gamma) / \rho}{V_c} = \frac{\gamma}{\rho} \quad (6)$$

$\mu_n$  [-] je zaplnění nitě,  $\gamma$  [kg/m<sup>3</sup>] je celková měrná hmotnost nitě a  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] je měrná hmotnost vláken.

Zaplnění nitě je závislé na vlastnostech suroviny a také na použité technologii. Limitní zaplnění staplové příze se pohybuje v intervalu  $<0,7;0,8>$  [4]. Limitní zaplnění monofilní nitě  $\mu_n = 1$ , vzhledem k tomu, že se jedná o jedno nekonečné vlákno. Limitní zaplnění multifilní nitě se pohybuje okolo 0,7, avšak může se blížit až k maximální možné hodnotě, tedy  $\mu_n = 1$  [6].



#### **3.1.3.4 Chlupatost**

Chlupatost je další důležitou vlastností příze, která ovlivňuje zpracovatelské vlastnosti příze i užité vlastnosti konečného produktu. Chlupatost je definována jako množství z příze nebo tkaniny vystupujících konců vláken nebo volně pohyblivých konců vláken. Chlupatost se posuzuje podle počtu, délky nebo plochy odstávajících vláken na jednotku délky příze. Jedná se o vlastnost typickou pouze pro staplovou přízi. U multifilových nití se chlupatost nevyskytuje [7].

V odborné literatuře [7] se rozlišuje oblast husté chlupatosti těsně přiléhající k vnitřní části příze, která většinou pozitivně ovlivňuje vlastnosti konečného produktu, a oblast řídké chlupatosti, u textilních produktů zpravidla nežádoucí, což jsou dlouhé konce vláken. V oblasti řídké chlupatosti je velký podíl prostoru vyplněn vzduchem a vláknenné úseky se do značné míry chovají navzájem nezávisle.

Chlupatost příze významným způsobem ovlivňuje i prodyšnost tkanin. Vyčnívající vlákna zasahují do prostoru mezinitného póru, čímž ovlivňují porositu tkaniny a s ní spojenou prodyšnost. Vlivem vyčnívajících vláken dochází k hydraulickým ztrátám způsobeným zvýšeným třením.

#### **3.1.3.5 Zákrut**

Zákrut vyjadřuje počet otáček udělených urovnanému vláknennému svazku na jednotku délky (většinou na 1 m), především za účelem zpevnění tohoto vláknenného svazku. Vlivem zákrutu dochází k přitlačení vláken k sobě a k celkovému zhutnění vláknenného svazku. Podle směru zakrucování kolem osy nitě se rozlišuje zákrut pravý Z nebo levý S [3].

Hlavním účelem zákrutu staplové příze je držet pohromadě jednotlivá vlákna. Tato vlákna by bez zákrutu držela pohromadě pouze díky svým třecím silám. Cílem zakrucovacího procesu je tedy vytvoření soudržné struktury příze, která se vlivem působících napětí tak snadno nerozpadne [6].

Hlavním účelem zákrutu multifilu je zajištění soudržnosti jednotlivých fibril. Většinou se využívá malého, tzv. ochranného zákrutu, zhruba 20 zákrutů na metr. Zákrut multifilu není nutný pro dosažení pevnosti v tahu, ovšem nezbytný je pro dosažení uspokojivé odolnosti v oděru, proti namáhání a odolnosti proti dalším deformačním silám [6].

Studie Paeka [8] ukázala, že zákrut udělený přízi nebo niti má vliv na prodyšnost výsledné tkaniny, koeficient tření i ohybovou tuhost příze. Při nižším zákrutu, který bývá většinou udělován multifilním nitem, je struktura nitě volnější, jednotlivé fibrily nejsou tak pevně uspořádané, a proto výsledná tkanina nedosahuje tak otevřené struktury, jako tkanina ze staplové příze obvykle s vyšším zákrutem. Vlivem vyššího zákrutu se příze stává pevnější a umožňuje tkaní otevřených struktur, které více podporují proudění vzduchu tkaninou. To je dokázáno i v experimentální části této

práce v kapitole 6.2.5 Průměr osnovních a útkových nití, a kapitole 6.4.1 Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti.

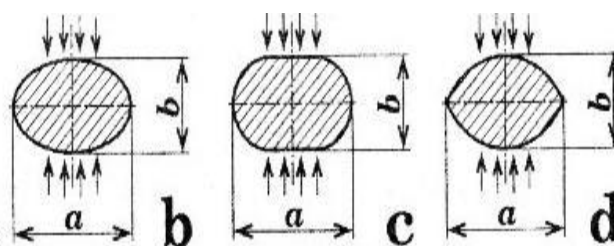
Vliv zákrutu na ohybovu tuhost příze je dále definován v kapitole 3.2.1 Vliv ohybové tuhosti nití na jejich deformaci.

### 3.2 Deformace nití ve tkanině

Při výrobě tkanin dochází k deformacím použité nitě, které se projevují především v oblasti vazných bodů a jejich okolí. Zatkáním nitě do tkaniny totiž dochází ve vazných bodech ke stlačení a zploštění nitě. Tyto deformace pak mohou ovlivnit některé parametry tkanin. Deformační chování proto patří k důležitým charakteristikám textilních materiálů. Navíc je úzce spjato se strukturou textilních materiálů.

K deformacím nití ve tkanině dochází především vlivem 2 mechanických faktorů – ohybu a vnějšího tlaku.

K deformaci ohybem dochází tak, že vlivem zakřivení dochází na vnější polovině průřezu ke vzniku tahového napětí a na vnitřní straně průřezu vzniká tlakové axiální napětí, což způsobuje vznik radiálního napětí, které působí



Obrázek 1 Deformované průřezy nití (Kovář)

směrem k vodorovné ose průřezu nitě. Vlivem tohoto radiálního napětí dochází k deformaci původně kruhového průřezu nitě na průřez podobající se tvaru elipsy (obrázek 1b), oválu (obrázek 1c) nebo čočky (obrázek 1d) [9].

Podle příspěvku [10] lze v souvislosti s deformací nitě definovat relativní stlačení podle vztahu [9]:

$$\varepsilon_1 = \frac{(b - d)}{d} \quad (7)$$

$b$  [m] je výška deformované nitě,  $d$  [m] je původní kruhový průměr nitě.

Obdobně lze definovat také relativní rozšíření podle vztahu [9]:

$$\varepsilon_2 = \frac{(a - d)}{d} \quad (8)$$

$a$  [m] je šířka deformované nitě,  $d$  [m] je původní kruhový průměr nitě.

Existují 2 přístupy pro vyjádření vztahu mezi parametry příčného řezu před deformací a po ní.

**1) Hypotéza o zachování plochy**, která předpokládá, že plocha příčného řezu stlačené nitě se při deformaci nezmění. Zvýší se však obvod nitě, zaplnění nitě se nezmění, případně poklesne. Vztah mezi relativním rozšířením a relativním stlačením lze vyjádřit podle vztahu [9]:

$$\varepsilon_2 = \frac{(\varepsilon_1^2 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) + \varepsilon_1 \left(1 - \frac{\pi}{2}\right))}{(\varepsilon_1 + 1)} \quad (9)$$

**2) Hypotéza o zachování obvodu**, která předpokládá, že obvod příčného řezu stlačené nitě se při deformaci nezmění. Plocha průřezu se zmenší, zaplnění se zvětší. Vztah mezi relativním rozšířením a relativním stlačením lze vyjádřit podle vztahu [9]:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \left(1 - \frac{\pi}{2}\right) \quad (10)$$

### 3.2.1 Vliv ohybové tuhosti nití na jejich deformaci

Významným faktorem deformace nití je jejich ohybová tuhost. Ohybovou tuhost lze jednoduše definovat jako odolnost materiálu vůči ohýbání.

Ohybovou tuhostí nití se zabývala již řada autorů [11, 12, 13], kteří mezi faktory ovlivňující ohybovou tuhost nití řadí mechanické vlastnosti nití, jako jsou pevnost v tahu a pevnost ve smyku a geometrické parametry, jako je úhel šroubovice na povrchu nitě [12]. Ohybová tuhost nitě klesá, pokud modul pružnosti ve smyku je větší než modul pružnosti v tahu, a dále klesá, pokud poměr mezi modulem pružnosti ve smyku a v tahu roste [12].

Ohybovou tuhost nití ovlivňují také parametry vláken, jako jsou ohybová a torzní tuhost vláken, počet vláken v niti a uspořádání vláken v důsledku zakroucení niti [11, 12]. Vysoké zakroucení vláken snižuje ohybovou tuhost nitě, protože vlivem změny úhlu stoupání šroubovice dochází k prokluzování vláken a deformaci původně kruhového průřezu nitě. [13]

Kromě pohybu vláken dochází vlivem ohýbání nitě i ke zvýšení tření mezi vlákny. Třecí síly vycházejí z příčných sil mezi zakroucenými vlákny.

Výsledky studie Dhingra [14] ukázaly rozdíl mezi ohybovou tuhostí staplové příze a multifilu, a to především z hlediska vlivu zákrutu na ohybovou tuhost. Zákrut multifilu výrazně ovlivňuje třecí síly mezi fibrilami, avšak jeho účinek na ohybovou tuhost je tak malý, že podle studie Dhingra [14] není měřitelný. Zákrut staplové příze má naopak malý vliv na třecí síly mezi vlákny, ale výrazně ovlivňuje ohybovou tuhost příze. S rostoucím zákrutem staplové příze klesá její ohybová tuhost. Rozdíl mezi staplovou přízí a multifilem Dhingra vysvětluje relativně vysokým zbytkovým torzním napětím v multifilu, zatímco zbytkové torzní napětí u staplové příze je kvůli nespojitostem na koncích vláken velmi malé.

### 3.3 Charakteristika tkanin

Tkanina je plošná textilie, která vzniká vzájemným provázáním dvou soustav nití – osnovy a útku. Obě soustavy jsou na sebe kolmé.

#### 3.3.1 Parametry tkanin

Základními parametry tkanin, které mají významný vliv na prodyšnost, jsou vazba tkaniny, dostava tkaniny, plošná hmotnost, zakrytí, zaplnění a tloušťka. Jednotlivé parametry budou nyní blíže specifikovány.

##### 3.3.1.1 Vazba tkaniny

Vazba tkaniny vyjadřuje způsob provázání nití ve tkanině. Jedná se o topologický popis, který popisuje pouze vzájemnou polohu nití a zanedbává geometrické parametry tkaniny [15]. Vazbu tkaniny lze zjistit pod lupou nebo páráním tkaniny. Základním vazebním prvkem tkaniny je vazný bod, což je místo, kde se ve tkanině kříží osnovní a útková nit. Existují 2 typy vazných bodů – osnovní vazný bod a útkový vazný bod. V okolí vazného bodu se nachází vazná buňka. Střída vazby je nejmenší část vazby, která se v tkanině opakuje. Počet vazných bodů ve střídě lze vypočítat podle vztahu [9]:

$$v = n_o \cdot n_u \quad (11)$$

$v$  je počet vazných bodů,  $n_o$  je počet osnovních vazných bodů ve střídě vazby a  $n_u$  je počet útkových bodů ve střídě vazby.

Ve vazbě se obvykle vyskytují zakřížené a nezakřížené úseky. V zakříženém, provazujícím, úseku prochází nit z lící strany tkaniny na rubní stranu, nebo naopak. V nezakříženém, neprovázaném, úseku zůstává nit na stejné lící nebo rubní straně. Neprovázaný úsek, v němž jsou osnovní nebo útkové nitě volně položeny se nazývá flotáž. Základní plátňová vazba jako jediná neobsahuje ani nezakřížené úseky ani flotáže. Odborné studie [16] ukázaly, že rozteče nití jsou v místě neprovázaných flotujících úseků odlišné od rozteče nití v úsecích zakřížených. U neplátňových vazeb lze právě díky neprovazujícím úsekům dosáhnout vyšších dostav než u vazeb plátňových.

Vliv flotujících nití na dostavu lze vyjádřit prostřednictvím opravného činitele  $f^m$  podle vztahu [17]:

$$D_{ct} = D_{ct \max} \cdot f^m \quad (12)$$

$D_{ct}$  [1/m] je skutečná dostava čtvercové tkaniny,  $D_{ct\ max}$  [1/m] je maximální dostava čtvercové tkaniny,  $f$  je stupeň provázání tkaniny,  $m$  je vazební exponent vystihující podsouvání nití pod sebe ve volných vazbách.

Stupeň provázání lze vyjádřit na základě znalosti počtu vazných bodů ve střídě vazby a počtu průchodů útku z rubu na líc a naopak podle vztahu [17]:

$$f = \frac{\text{počet vazných bodů ve střídě vazby}}{\text{počet průchodů útku z rubu na líc a naopak}} \quad (13)$$

Pro ukázkou jsou v tabulce 1 uvedeny hodnoty stupně provázání, vazebního exponentu a opravného činitele základních vazeb.

Tabulka 1 Parametry vazby základních tkalcovských vazeb [16]

Vazba	Stupeň provázání „f“	Vazební exponent „m“	Opravný činitel „f <sup>m</sup> “
Plátno	$f = 2/2 = 1$	0,45	1
Kepr 1/4	$f = 5/2 = 2,5$	0,39	1,43
Atlas 1/4	$f = 5/2 = 2,5$	0,42	1,47

Vliv flotujících nití lze vyjádřit také pomocí faktoru floutující nitě FYF podle vztahu [18]:

$$FYF = \frac{(\text{typ flotáže} - 1) \cdot \text{skutečný počet flotází ve střídě vazby}}{\text{střída vazby}} \quad (14)$$

Bylo prokázáno, že čím delší je flotáž, tím vyšší je hodnota FYF, což dokazují hodnoty základních tkalcovských vazeb v tabulce 2.

Odborné studie [18, 19, 20] ukázaly, že parametr FYF souvisí s prodyšností tkaniny a mechanickými vlastnostmi tkaniny, jako jsou smyková a ohybová tuhost. Se stoupající hodnotou FYF stoupá hodnota prodyšnosti a klesá smyková a ohybová tuhost. Tkanina se tak stává měkčí a poddajnější.

Dalším parametrem vazby tkaniny je faktor pevnosti zakřížení CFF, který lze vyjádřit podle vztahu [18]:

$$CFF = \frac{\text{počet zakřížených úseků ve střídě vazby}}{\text{střída vazby}} \quad (15)$$

Odborné studie [18, 19, 20] ukázaly, že parametr CFF souvisí s prodyšností tkaniny a mechanickými vlastnostmi tkaniny, jako jsou smyková a ohybová tuhost, ovšem zcela

opačně než FYF. Se stoupající hodnotou CFF klesá hodnota prodyšnosti a stoupá smyková a ohybová tuhost. Tkanina se tak stává tužší. Lze tedy vyvodit závislost CFF a FYF a to tak, že se stoupající hodnotou CFF klesá hodnota FYF a naopak [19]. V tabulce 2 jsou uvedeny parametry CFF a FYF základních tkalcovských vazeb.

Tabulka 2 CFF a FYF základních tkalcovských vazeb [18]

Vazba	CFF	FYF
Plátno	2	0
Kepr 2/2	1	0,75
Atlas 1/5	0,8	0,96

Vlivem vazby tkaniny na její vlastnosti, zejména potom na její prodyšnost se zabývala Havrdová [21], která navrhla a definovala souhrnný parametr tkaniny, který koreluje s hodnotami prodyšnosti. Tento parametr zahrnuje porositu tkaniny  $P$ , stupeň provázání nití ve tkanině  $f$  a posun sousedních útkových nití  $u$  vyjádřený vztahem [21]:

$$u = \frac{\text{posun provázání sousedních útkových nití ve střídě vazby}}{\text{počet vazných bodů na 1 útkové niti ve střídě vazby}} \quad (16)$$

Souhrnný parametr tkaniny lze následně vyjádřit vztahem [21]:

$$S = P \cdot f^u \quad (17)$$

### 3.3.1.2 Dostava tkaniny

Dostava tkaniny udává počet nití na určitou délku tkaniny. Podle ČSN EN ISO 1049-2 se dostava počítá na 10 cm tkaniny. Dostava se určuje zvlášť pro osnovní a zvlášť pro útkovou soustavu nití. Na dostavu tkaniny má výrazný vliv vazba tkaniny nebo jemnost nití. Na základě znalosti dostavy osnovy a dostavy útku lze vyjádřit rozteč osnovních a útkových nití podle vztahu:

$$A = \frac{1}{D_o} \quad (18a)$$

$$B = \frac{1}{D_u} \quad (18b)$$

$A$  [m] je rozteč osnovních nití,  $D_o$  [1/m] je dostava osnovních nití,  $B$  [m] je rozteč útkových nití,  $D_u$  [1/m] je dostava útkových nití.

### 3.3.1.3 Plošná hmotnost

Plošná hmotnost textilie je definována jako hmotnost textilie známé plochy připadající na jednotku této plochy. Plošná hmotnost se udává v  $\text{g/m}^2$ . Plošnou hmotnost lze experimentálně změřit podle normy ČSN EN 12127 [22].

Plošnou hmotnost lze také na základě znalosti dostavy osnovy a útku, jemnosti osnovní a útkové nitě a setkání osnovy a útku vyjádřit podle vztahu:

$$G = \frac{D_o \cdot T_o \cdot (1 + S_o) + D_u \cdot T_u \cdot (1 + S_u)}{1000} \quad (19)$$

$G [\text{g/m}^2]$  je plošná hmotnost tkaniny,  $D_o [1/\text{m}]$  je dostava osnovních nití,  $D_u [1/\text{m}]$  je dostava útkových nití,  $T_o [\text{tex}]$  je jemnost osnovních nití,  $T_u [\text{tex}]$  je jemnost útkových nití,  $S_o [\%]$  je setkání osnovy a  $S_u [\%]$  je setkání útku.

### 3.3.1.4 Měrná objemová hmotnost

Měrná objemová hmotnost je definována jako hmotnost  $1 \text{ m}^3$  textilie. Udává se ve stejných jednotkách jako hustota materiálu  $\rho [\text{kg/m}^3]$ . [17] Významnou roli měrná objemová hmotnost především při určování porosity textilních materiálů. Lze ji vyjádřit podle vztahu [17]:

$$\rho_t = \frac{m_t}{V} = \frac{m_t}{S \cdot t} \quad (20)$$

$\rho_t [\text{kg/m}^3]$  je měrná objemová hmotnost textilie,  $m_t [\text{kg}]$  je hmotnost textilie,  $V [\text{m}^3]$  je objem textilie,  $S [\text{m}^2]$  je plocha textilie,  $t [\text{m}]$  je tloušťka textilie

### 3.3.1.4 Zakrytí

Zakrytí je parametr, který se často používá pro popis struktury tkaniny, na jehož základě lze posuzovat některé užité vlastnosti tkanin, jako např. prodyšnost. Zakrytí vyjadřuje poměr plochy zakryté nitěmi ku celkové ploše textilie nebo jejího vazného prvku. Existuje několik principů, jak popsat zakrytí. Blíže budou popsány pouze 2 nejpoužívanější.

- 1) **Zakrytí jednou soustavou nití**, které popisuje plochu zakrytou pouze jednou soustavou nití. Na základě znalosti průměru nití a dostavy lze zakrytí osnovy, případně útku vyjádřit podle vztahu [9]:

$$Z_o = d_o \cdot D_o \quad (21a)$$

$$Z_u = d_u \cdot D_u \quad (21b)$$

$Z_{o,u}$  [-] je zakrytí osnovy nebo útku,  $d_{o,u}$  [m] je průměr osnovy nebo útku,  $D_{o,u}$  [1/m] je dostava osnovy nebo útku

- 2) **Zakrytí dvěma soustavami nití**, která popisuje plochu zakrytou osnovní i útkovou soustavou zároveň. Plocha zakrytá osnovou i útkem se počítá pouze jednou. Opět na základě znalosti průměru nití a dostavy lze zakrytí vyjádřit podle vztahu [9]:

$$Z = Z_o + Z_u - Z_o \cdot Z_u \quad (22)$$

$Z$  [-] je celkové zakrytí tkaniny,  $Z_o$  [-] je zakrytí osnovy a  $Z_u$  [-] je zakrytí útku.

V odborné literatuře [9] lze najít i další principy, které vyjadřují zakrytí. Jedná se o Waltzův stupeň zakrytí a „Cover factor“.

### 3.3.1.5 Zaplnění

Zaplnění je dalším často používaným parametrem pro popis struktury tkaniny. Zaplnění vyjadřuje poměr objemu nití ku celkovému objemu textilie nebo jejího vazného prvku. Na základě znalosti průměru nitě lze zaplnění vyjádřit jako:

$$\mu_t = \frac{V_n}{V_t} = \frac{\pi(d_o^2 \cdot L_o + d_u^2 \cdot L_u)}{4 \cdot p_o \cdot p_u \cdot t} \quad (23)$$

$\mu_t$  [-] je zaplnění tkaniny,  $V_n$  [m<sup>3</sup>] je objem nití a  $V_t$  [m<sup>3</sup>] je celkový objem tkaniny,  $d_o$  [m] je průměr osnovní nitě,  $d_u$  [m] je průměr útkové nitě,  $L_o$  [m] je délka nití ve směru osnovy,  $L_u$  [m] je délka nití ve směru útku a  $t$  [m] je tloušťka tkaniny.

### 3.3.1.6 Tloušťka

Tloušťka tkaniny vyjadřuje kolmou vzdálenost mezi vrchní lící a spodní rubní stranou tkaniny. Tloušťku tkaniny obvykle ovlivňuje průměr nití, provázání nití a vazby tkaniny. Tloušťku lze změřit prostřednictvím tloušťkoměru nebo ji lze vyjádřit na základě znalosti průměrů osnovní a útkové nitě. Toto vyjádření závisí mimo jiné i na



míře zvlnění osnovní a útkové nitě. V případě, že se jedná o vyrovnanou tkaninu (viz obrázek 2), tloušťku tkaniny lze vyjádřit podle vztahu [23]:

$$t = d_o + d_u \quad (24a)$$

$t$  [m] je tloušťka tkaniny,  $d_o$  [m] je průměr osnovní nitě,  $d_u$  [m] je průměr útkové nitě

V případě tkaniny s maximálně zvlněným útkem (viz obrázek 3) lze tloušťku tkaniny vyjádřit podle vztahu [23]:

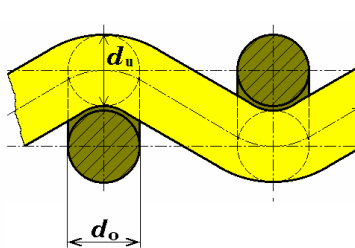
$$t = d_o + 2d_u \quad (24b)$$

$t$  [m] je tloušťka tkaniny,  $d_o$  [m] je průměr osnovní nitě,  $d_u$  [m] je průměr útkové nitě

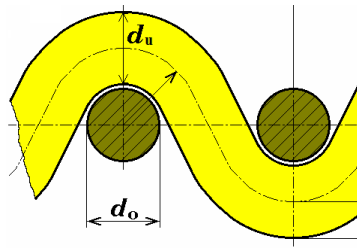
V případě tkaniny s maximálně zvlněnou osnovou (viz obrázek 4) lze tloušťku tkaniny vyjádřit podle vztahu [23]:

$$t = 2d_o + d_u \quad (24c)$$

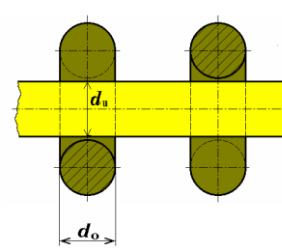
$t$  [m] je tloušťka tkaniny,  $d_o$  [m] je průměr osnovní nitě,  $d_u$  [m] je průměr útkové nitě



Obrázek 2 Vyrovnaná tkanina [23]



Obrázek 3 Maximálně zvlněný útek [23]

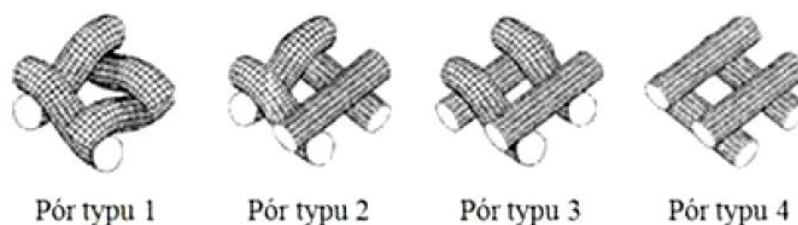


Obrázek 4 Maximálně zvlněná osnova [23]

## 4 POROSITA

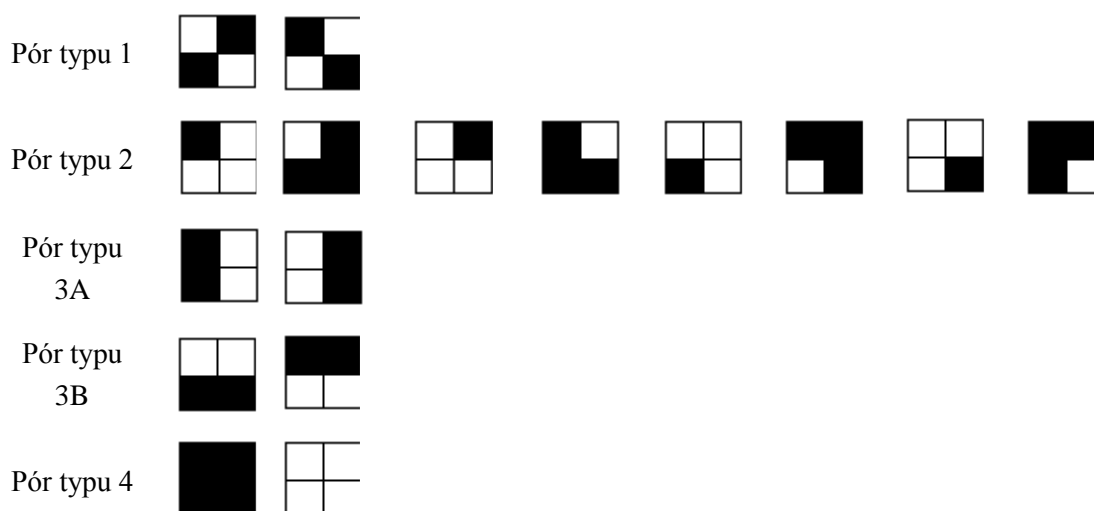
Porosita je vlastnost, která úzce souvisí a významně ovlivňuje prodyšnost tkanin. Porosita je definována jako podíl objemu pórů v celkovém objemu tkaniny. Jedná se o bezrozměrnou veličinu vyjadřovanou v intervalu  $<0,1>$ . [24] Průchod vzduchu závisí i na velikosti, distribuci a tvaru pórů. Porosita se dělí do 3 kategorií podle míst výskytu pórů. Vlákenná porosita vyjadřuje podíl objemu vzduchu ve vláknech ku objemu vlákna. Mezivlákenná porosita vyjadřuje podíl objemu vzduchu mezi vlákny sdruženými v niti. Mezinitná porosita vyjadřuje podíl vzduchu ve tkanině, tedy popisuje póry vytvořené mezi osnovními a útkovými nitěmi.

Odborné práce zabývající se porositou tkanin vychází ze skutečnosti, že každou vazbu tkaniny lze popsat prostřednictvím 4 základních typů pórů (viz obrázek 5), které ve své práci definoval Backer [25].



Obrázek 5 Základní typy pórů [27]

Pór typu 3 byl rozšířen Havrdovou [26] na 3A a 3B (viz obrázek 6), která uvádí, že z důvodu asymetrie póru záleží při geometrických výpočtech na jeho orientaci ve střídě vazby, zejména v případech, kdy se průměr osnovních a útkových nití liší.



Obrázek 6 Schema základních 4 typů póru

Zkoumání vztahu mezi porositou a prodyšností se věnovala již řada odborníků. Většina výzkumných prací zanedbává vláknou porositu. Drašarová ve svém příspěvku [24] uvádí předpoklad, že vzhledem k velikosti mezinitných pórů lze zanedbat i porositu nití. Havlová ve své práci [27] uvádí, že tento předpoklad lze plně přijmout pouze v případě tkanin z monofilu, kdy lze považovat jednotlivé nitě za nepropustné válce. V případě staplových přízí nitě v celém svém objemu průřezu takto chápat nelze.

Modelování porosity bylo již zpracováno v řadě odborných prací, z nichž některé zanedbávají způsob provázání tkanin, a jiné tuto skutečnost respektují. Většinu modelů porosity konstruovaných pro predikci prodyšnosti lze použít pouze na omezený výběr tkanin. V následujících kapitolách budou uvedeny vybrané modely definice porosity.

#### 4.1 Objemová definice porosity

Na základě znalosti objemu vláken a celkového objemu tkaniny lze porositu definovat dle vztahu [10] :

$$\psi_V = \frac{V_v}{V_t} \quad (25)$$

$\psi_V$  [-] je porosita,  $V_v$  [ $\text{m}^3$ ] je objem vláken,  $V_t$  [ $\text{m}^3$ ] je celkový objem tkaniny.

V případě objemové definice porosity lze porositu chápat jako doplněk k zaplnění. Porositu lze následně vyjádřit na základě znalosti zaplnění přízí podle vztahu [10] :

$$\psi_V = 1 - \left( \frac{D_o T_o (1 + s_o)}{\mu_o} + \frac{D_u T_u (1 + s_u)}{\mu_u} \right) / \rho t \quad (26)$$

$\psi_V$  [-] je porosita,  $D_o$  [1/m] je dostava osnovy,  $T_o$  [tex] je jemnost osnovy,  $s_o$  [m] je setkání osnovy,  $\mu_o$  [-] je zaplnění osnovních nití,  $D_u$  [1/m] je dostava útku,  $T_u$  [tex] je jemnost útku,  $s_u$  [m] je setkání útku,  $\mu_u$  [-] je zaplnění útkových nití,  $\rho$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] je hustota vláken,  $t$  [m] je tloušťka tkaniny.

#### 4.2 Definice porosity z měrných hmotností

Model pro definici porosity z měrných hmotností vychází ze základních charakteristik tkaniny, kterými jsou plošná hmotnost  $G$  [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ], tloušťka tkaniny  $t$  [m] a hustota vláken  $\rho$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]. Tento model zcela zanedbává vliv vazby tkaniny.

Model pro definici porosity z měrných hmotností vychází ze základního vztahu:

$$\psi_\rho = 1 - \frac{\rho_v - \rho_t}{\rho_v} = 1 - \frac{\rho_t}{\rho_v} \quad (27)$$

$\Psi_\rho$  [-] je porosita,  $\rho_t$  [kg/m<sup>3</sup>] je měrná objemová hmotnost tkaniny,  $\rho_v$  [kg/m<sup>3</sup>] je měrná objemová hmotnost (hustota) vláken.

Plošnou hmotnost tkaniny  $G$  lze určit na základě vztahu:

$$G = \frac{m}{S} \quad (28)$$

$m$  [g] je hmotnost tkaniny,  $S$  [m<sup>2</sup>] je plocha tkaniny.

Na základě vztahu pro vyjádření plošné hmotnosti tkaniny lze konečnou porositu vyjádřit podle vztahu:

$$\psi_\rho = 1 - \frac{\rho_t}{\rho_v} = 1 - \frac{G}{\rho_v * t} \quad (29)$$

$\Psi_\rho$  [-] je porosita,  $\rho_t$  [kg/m<sup>3</sup>] je měrná objemová hmotnost tkaniny,  $\rho_v$  [kg/m<sup>3</sup>] je měrná objemová hmotnost (hustota) vláken,  $t$  [m] je tloušťka tkaniny,  $G$  [g/m<sup>2</sup>] je plošná hmotnost tkaniny.

#### 4.3 Plošná definice porosity

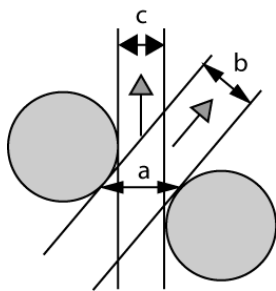
Model pro plošnou definici porosity vychází z kolmého průmětu tkaniny a také zcela zanedbává vliv vazby tkaniny a její 3-D strukturu. V případě plošné definice porosity lze porositu chápat jako doplněk k zakrytí. Uvažovány jsou tedy pouze mezinitné póry. Porositu lze následně vyjádřit na základě znalosti plošného zakrytí podle vztahu [10] :

$$\psi = 1 - (d_o D_o + d_u D_u - d_o d_u D_o D_u) \quad (30)$$

$\Psi$  [-] je porosita,  $d_o$  [m] je průměr osnovních nití,  $D_o$  [1/m] je dostava osnovy,  $d_u$  [m] je průměr útkových nití a  $D_u$  [1/m] je dostava útku.

#### 4.4 Modifikovaná 2-D porosita

Modifikací plošné porosity se zabýval Gooijer [28], který vyházel ze Beckerových 4 základních typů pórů (viz obrázek 5). Na rozdíl od Backera, který uvažuje průtok vzduchu skrze tkaninu pouze ve směru kolmém ke tkanině, Gooijer na základě studie hustě dostavených tkanin uvádí, že při průtoku vzduchu skrze tkaninu dochází kromě průtoku ve směru kolmém k tkanině také k šikmému obtékání nití (viz obrázek 7) [27].



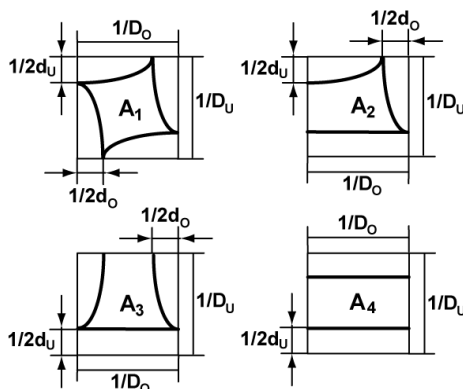
Rozměr  $a$  znázorňuje nejužší průměr póru měřený rovnoběžně s rovinou tkaniny.

Rozměr  $b$  znázorňuje nejužší průměr póru, který vzniká při šikmém proudění vzduchu.

Rozměr  $c$  znázorňuje nejužší průměr póru, který vzniká při kolmém proudění vzduchu.

Obrázek 7 Schema proudění vzduchu skrze tkaninu podle Gooijera [27]

Gooijer ve své práci [28] zkonstruoval průměty omočených obvodů v nejužším místě průřezu póru pro 4 základní typy pórů, viz obrázek 8. [28].



Obrázek 8 Průměty omočených obvodů pórových buněk zkonstruované Gooijerem [27]

Následně byly pro 4 základní typy pórů definovány rovnice pro výpočet skutečné plochy jednotlivých pórových buněk [28] :

$$A_1 = \frac{1}{D_O} \frac{1}{D_U} - \frac{\pi}{2} d_U \left( \frac{1}{D_O} - \frac{d_O}{2} \right) - \frac{\pi}{4} d_O \left( \frac{1}{D_U} - \frac{d_U}{2} \right) \quad (31a)$$

$$A_2 = \frac{1}{D_O} \frac{1}{D_U} - \frac{\pi}{8} d_U \left( \frac{1}{D_O} - \frac{d_O}{2} \right) - \frac{\pi}{8} d_O \left( \frac{1}{D_U} - \frac{d_U}{2} \right) - \frac{d_U}{2} \frac{1}{D_O} \quad (31b)$$

$$A_3 = \frac{1}{D_O} \frac{1}{D_U} - \frac{d_U}{2} \frac{1}{D_O} - \frac{\pi}{4} d_O \left( \frac{1}{D_U} - \frac{d_U}{2} \right) \quad (31c)$$

$$A_4 = \frac{1}{D_O} \frac{1}{D_U} - \frac{1}{D_O} d_U \quad (31d)$$

$A_{1,2,3,4}$  [m<sup>2</sup>] je otevřená plocha jednotlivých pórových buněk,  $D_O$  [1/m] je dostava osnovních nití,  $D_U$  [1/m] je dostava útkových nití,  $d_O$  [m] je průměr osnovních nití a  $d_U$  [m] je průměr útkových nití.

Na základě dílčích výpočtů otevřené plochy tkaniny lze celkový otevřený prostor ve tkanině, tedy porositu vyjádřit podle vztahu:

$$P_G = \frac{p_1 A_1 + p_2 A_2 + p_3 A_3 + p_4 A_4}{\frac{n_o n_u}{D_o D_u}} \quad (32)$$

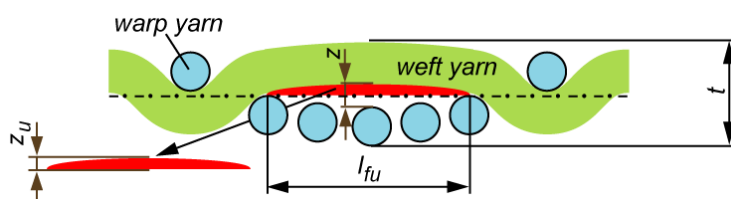
$P_G$  [-] je celková porosita tkaniny,  $n_o$  [-] je počet osnovních vazných bodů ve střídě vazby,  $n_u$  [-] je počet útkových vazných bodů ve střídě vazby,  $D_o$  [1/m] je dostava osnovních nití,  $D_u$  [1/m] je dostava útkových nití,  $p_1 - p_4$  [-] jsou počty pórů typu 1 – 4 ve střídě vazby,  $A_1 - A_4$  [m<sup>2</sup>] je otevřená plocha pórových buněk 1 – 4.

#### 4.5 Vertikální porosita

Na hodnotu prodyšnosti má významný vliv i tzv. vertikální porosita, kterou se zabývala Havlová [26, 27]. Vertikální pór vzniká v místě flotáže, tedy delšího neproloženého úseku nitě mezi osnovní a útkovou nití. Vlivem proudícího vzduchu při měření prodyšnosti dochází k pohybu flotujících nití, a tím i k nárůstu plochy vertikálních pórů. Délka flotujícího úseku nitě má tedy významný vliv na vertikální porositu. U tkanin se základní plátňovou vazbou, které flotující úseky neobsahují, se nevyskytuje ani vertikální porosita. Vertikální porositu lze sledovat u tkanin s keprovými nebo atlasovými vazbami, které flotující úseky obsahují.

Autorka ve své práci [26] uvádí, že tkaniny se stejnými konstrukčními parametry, jako jsou dostava a průměr osnovních a útkových nití, které se liší pouze svou vazbou (kepr nebo atlas), mají rozdílné hodnoty prodyšnosti. Sousední nitě v keprové vazbě jsou posunuty pouze o jeden vazný bod, a proto vytváří jakousi kapsu, což způsobuje menší nárůst prodyšnosti, než v případě atlasových vazeb, kde jsou sousední nitě posunuty o více vazných bodů.

Havlová navrhla eliptický model vertikálního póru (viz obrázek 9) [27].



Obrázek 9 Model vertikálního póru podle Havlové [27]

Při konstrukci modelu byl pro zjednodušení přijat předpoklad vyrovnané tkaniny. Na základě tohoto předpokladu vycházela Havlová [27] z představy, že plocha póru představuje polovinu plochy elipsy. Vertikální porosita se vyjadřuje zvlášť pro osnovu a zvlášť pro útek. Plochu jednoho vertikálního póru  $E_{v1}$  [m<sup>2</sup>] lze vyjádřit podle vztahu [27]:

(33)

$$E_{U1} = \frac{1}{2} \pi * l_{fU} * z_U$$

$l_{fU}$  [m] je délka jedné flotáže útkové nitě a  $z_u$  [m] je maximální průhyb útkové nitě. Délku jedné flotáže  $l_{fU}$  lze stanovit podle vztahu [27]:

(34)

$$l_{fU} = \frac{1}{D_o} * p_{lU}$$

$D_o$  [1/m] je dostava osnovních nití a  $p_{lU}$  [-] je počet nezakřížených úseků útkové nitě v jedné flotáži.

Maximální průhyb útkové nitě lze vyjádřit z celkové maximální velikosti oddálení neprovazujícího úseku nitě  $z$  [m], které vyjadřuje vztah [27]:

(35)

$$z = t - (d_U + d_o)$$

$t$  [mm] je tloušťka tkaniny,  $d_u$  [m] je průměr útkové nitě a  $d_o$  [mm] je průměr osnovní nitě.

Maximální průhyb útkové nitě  $z_u$  [m] lze vyjádřit následujícím způsobem podle vztahu:

(36)

$$z_u = \frac{1}{2} z$$

Plochu všech vertikálních pórů v celé útkové soustavě  $E_U$  [mm<sup>2</sup>] lze vyjádřit podle vztahu [27]:

(37)

$$E_U = \frac{\pi p_{lU}}{2 D_o} z_U p_{fU} \frac{D_o D_U}{n_{so} n_{su}}$$

$p_{lU}$  [-] je počet nezakřížených úseků útkové nitě v jedné flotáži,  $D_o$  [1/m] je dostava osnovních nití,  $D_u$  [1/m] je dostava útkových nití,  $z_u$  [mm] je maximální průhyb útkové nitě,  $p_{fU}$  [-] je počet útkových flotáží ve střídě vazby,  $n_{so}$  [-] je počet vazných bodů ve střídě osnovy a  $n_{su}$  [-] je počet vazných bodů ve střídě útku.

Jak již bylo uvedeno, Havlová [27] zkonstruovala model vertikálního póru jako polovinu elipsy. Pro výpočet vertikální porosity je důležitá plocha průmětu flotáže, která je modelována právě polovinou elipsy. Poloosy této elipsy lze vyjádřit podle vztahů:

$$a_u = l_{fu} + 2d_u \quad (38a)$$

$$b_u = z_u + d_u \quad (38b)$$

$l_{fu}$  [m] je délka jedné flotáže útkové nitě,  $z_u$  [m] je maximální průhyb útkové nitě a  $d_u$  [m] je průměr útkové nitě.

Celkovou plochu průmětu flotáže útkové nitě  $S_{FU}$  [m<sup>2</sup>] lze vyjádřit podle vztahu [27]:

$$S_{FU} = \frac{\pi}{2} \left( \frac{p_{IU}}{D_o} + 2d_u \right) (z_u + d_u) p_{FU} \frac{D_o D_u}{n_{so} n_{su}} \quad (39)$$

$p_{IU}$  [-] je počet nezakřížených úseků útkové nitě v jedné flotáži,  $D_o$  [1/m] je dostava osnovních nití,  $D_u$  [1/m] je dostava útkových nití,  $d_u$  [mm] je průměr útkové nitě,  $z_u$  [cm] je maximální průhyb útkové nitě,  $p_{FU}$  [-] je počet útkových flotáží ve střídě vazby,  $n_{so}$  [-] je počet vazných bodů ve střídě osnovy a  $n_{su}$  [-] je počet vazných bodů ve střídě útku.

Uvedené vztahy jsou určeny k vyjádření plochy vertikálního póru útkové soustavy. Analogicky lze vyjádřit plochu vertikálního póru osnovní soustavy.

Konečnou celkovou vertikální porositu lze vyjádřit podle vztahu [27]:

$$P_{ver} = \frac{E_o + E_u}{S_{FO} + S_{FU}} \quad (40)$$

$E_o$  [m<sup>2</sup>] je plocha vertikálních pórů osnovní soustavy,  $E_u$  [m<sup>2</sup>] je plocha vertikálních pórů útkové soustavy,  $S_{FO}$  [m<sup>2</sup>] je celková plocha průmětu flotáže osnovní nitě,  $S_{FU}$  [m<sup>2</sup>] je celková plocha flotáže útkové nitě.



## 5 PRODYŠNOST

Prodyšnost je považována za jednu z nejdůležitějších vlastností textilních materiálů. Velký význam má jak v oblasti oděvních textilií, kde zásadním způsobem ovlivňuje fyziologický komfort (např. sportovní oblečení, spodní prádlo apod.), tak v oblasti textilií určených pro technické aplikace (např. filtry), kde často určuje jejich kvalitu.

Prodyšnost je definována jako schopnost plošné textilie za daných podmínek propouštět vzduch z jedné strany textilie na druhou. Prodyšnost vyjadřuje rychlost vzduchu proudícího skrze textilií s ohledem na zkoušenou plochu, tlakový spád a dobu proudění.

Prodyšnost plošných textilií závisí na mnoha faktorech, mezi které patří především struktura textilie, a to především tloušťka tkaniny, vazba tkaniny, dostava osnovních a útkových nití, plošná hmotnost a porosita tkaniny nebo také finální úpravy tkaniny, a proto je teoretické stanovení prodyšnosti často velmi složité. Predikce prodyšnosti umožňuje stanovení prodyšnosti tkanin na základě znalosti strukturních parametrů ještě před začátkem výrobního procesu. Díky této predikci lze výrobní proces optimalizovat (např. změnou strukturních parametrů) tak, aby vyrobené tkaniny dosahovaly požadovaných hodnot prodyšnosti.

V následující kapitole budou uvedeny některé teoretické modely, podle kterých lze predikovat prodyšnost textilií.

### 5.1 Teoretický model predikce prodyšnosti definovaný Ogulatou

Autor ve svém odborném článku [29] uvažuje velký význam proudění kapaliny skrz textilií, prostorového uspořádání a rozdělní velikosti pórů na prodyšnost. Jako další významné faktory pokládá tloušťku tkaniny a tlakový spád. Tlakový spád je definován jako funkce viskozity vzduchu, hustoty vzduchu, rychlosti proudění vzduchu a porosity tkaniny. Tlakový spád je definován podle D'Arcyho jako:

$$\Delta P = f \frac{t}{d_h} \rho \frac{U_m^2}{2} \quad (41)$$

$\Delta P$  [Pa] je tlakový spád,  $d_h$  [m] je hydraulický průměr póru,  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] je hustota vzduchu a  $U_m$  [m/s] je střední rychlost proudění.

Ogulata vztah pro celkové množství vzduchu, který projde skrz tkaninu, vyjádřil pouze pro imaginární tkaniny s plátňovou vazbou. Při konstrukci vztahu vycházel ze závislosti koeficientu tření na Reynoldsovu číslu podle vztahu:

$$f = \lambda \cdot Re^{-n} \quad (42)$$

$f$  je koeficient tření,  $\lambda$  je koeficient laminárního nebo turbulentního proudění a  $n$  je koeficient udávající režim proudění.

Reynoldsovo číslo vyjadřuje kritickou hodnotu pro určení změny laminárního proudění na turbulentní a je definováno vztahem:

$$Re = \frac{U_m \cdot d_h}{\nu} \quad (43)$$

$U_m$  [m/s] je střední rychlost proudění,  $\nu$  [m<sup>2</sup>/s] je kinematická viskozita vzduchu a  $d_h$  [m] je hydraulický průměr póru, který lze vyjádřit podle vztahu [29]:

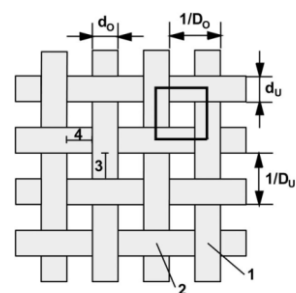
$$d_h = \frac{4A}{S} \quad (44)$$

$A$  [m<sup>2</sup>] je plocha průřezu póru a  $S$  [m] je omočený obvod póru.

Vychází – li výpočet hydraulického průměru póru ze základní konstrukce pórové buňky (viz obrázek 10), rozměry mezinitného póru  $a_p$  [m] a  $b_p$  [m] lze vyjádřit podle vztahů [29]:

$$a_p = \frac{1}{D_o} - d_o \quad (45a)$$

$$b_p = \frac{1}{D_u} - d_u \quad (45b)$$



Obrázek 10 Pórová buňka [30]

$d_o$  [m] je průměr osnovních nití,  $D_o$  [1/m] je dostava osnovy,  $d_u$  [m] je průměr útkových nití a  $D_u$  [1/m] je dostava útku.

Plochu póru  $A_c$  [m<sup>2</sup>] a mokrý obvod póru  $S$  [m] lze následně vyjádřit vztahy [29]:

$$A_c = a_p \cdot b_p \quad (46a)$$

$$S = 2 \cdot (a_p + b_p) \quad (46b)$$

Střední rychlost proudění  $U_m$  [m/s] Ogulata vyjádřil vztahem [29]:

$$U_m = \left( \frac{d_h^2}{32\eta t} \right) \Delta P \quad (47)$$

$\eta$  [Pa.s] je dynamická viskozita vzduchu a  $t$  [m] je tloušťka tkaniny.

Celkovou rychlost proudění vzduchu tkaninou  $U$  [m/s] lze následně vyjádřit podle vztahu [29]:

$$U = \frac{U_m}{\varepsilon} \quad (48)$$

$\varepsilon$  [-] je plocha ve tkanině nezakrytá nitěmi, kterou lze vyjádřit vztahem [29]:

$$\varepsilon = \frac{m \cdot A_c}{A_t} \quad (49)$$

$A_c$  [m<sup>2</sup>] je plocha póru,  $A_t$  [m<sup>2</sup>] je zkušební plocha tkaniny a  $m$  [-] je počet pórů na jednotku plochy tkaniny (m<sup>2</sup>), který lze vyjádřit podle vztahu [29]:

$$m = m_o \cdot m_u \quad (50)$$

$m_o$  [-] je počet osnovních nití,  $m_u$  [-] je počet útkových nití na jednotku tkaniny (m).

Celkové množství vzduchu  $Q$  [m<sup>3</sup>/s], který projde skrz tkaninu, bylo konečně definováno vztahem [29]:

$$Q = m \cdot A_c \cdot U \quad (51)$$

## 5.2 Teoretický model predikce prodyšnosti definovaný Kulichenkem

Kulichenko navrhl model pro výpočet prodyšnosti pro porézní materiál za předpokladu, že tento materiál je tvořen systémem rovnoběžných trubic o kruhovém průřezu, z čehož vyplývá, že při svých výpočtech uvažuje pórové buňky kruhového průřezu. Tento model je navržen pouze pro laminární proudění. Autorovy [31] výpočty vycházejí z Poiseuillovy rovnice pro kapiláry:

$$Q = k \cdot \frac{\Delta P}{t} \cdot d_h^4 \quad (52)$$

$Q$  [m<sup>3</sup>/s] je objem vzduchu nebo kapaliny, který projde porézním materiálem za jednotku času,  $\Delta P$  [Pa] je tlakový spád,  $t$  [m] je délka póru (nebo tloušťka porézního materiálu),  $d_h$  [m] je hydraulický průměr póru vyjádřený podle vzorce (45) a  $k$  [Pa/s] je koeficient úměrnosti korelující s dynamickou viskozitou vzduchu podle rovnice [31]:

$$k = \frac{\pi}{128\eta} \quad (53)$$

Rychlost proudění pro  $n$  pórů lze následně vyjádřit podle vztahu [31]:

$$Q = n \cdot \frac{\pi \cdot d_h^4 \cdot \Delta P}{128 \eta \cdot t} \quad (54)$$

### 5.3 Predikce prodyšnosti na základě hydraulického průměru póru

Studie Zupina, Hladíka a Dimitrovského [32] ukázala, že na hodnotu prodyšnosti má významný vliv tloušťka tkaniny, plošná a měrná objemová hmotnost tkaniny, otevřená plocha tkaniny a zejména pak velikost hydraulického průměru, celková porosita a počet pórů ve střídě vazby. Studie dále zkoumá vliv vazby tkaniny na hodnotu prodyšnosti, a to zejména z pohledu rozmístění jednotlivých typů pórů definovaných Backerem (viz obrázek 5 Základní typy pórů) ve střídě vazby, počtu zakřížených úseků a flotujících nití ve střídě vazby. Klíčová úloha při predikci prodyšnosti je přikládána velikosti hydraulického průměru. Na základě této skutečnosti byly vyjádřeny 2 teoretické vztahy pro predikci prodyšnosti:

$$Q_1 = -5736,1 + 103,078 \cdot \varepsilon - 3,10815 \cdot n + 4,8396 \cdot d_h \quad (55)$$

$\varepsilon$  [-] je porosita tkaniny,  $n$  [-] je počet pórů na jednotku tkaniny,  $d_h$  [mm] je hydraulický průměr póru.

$$Q_2 = -9692,2 + 127,595 \cdot \varepsilon + 8,28244 \cdot d_h \quad (56)$$

$\varepsilon$  [-] je porosita tkaniny,  $d_h$  [mm] je hydraulický průměr póru.

Vztahy vychází ze závislosti porosity, velikosti hydraulického průměru póru a počtu pórů na jednotku tkaniny na hodnotu prodyšnosti, která byla prokázána ve studii Zupina, Hladíka a Dimitrovského[32].

## 6 EXPERIMENT

Cílem experimentu bylo zhodnotit vliv struktury tkaniny na hodnotu prodyšnosti a ověřit stávající modely porosity a prodyšnosti. K tomuto hodnocení byly k dispozici 3 sady experimentálních tkanin, které budou dále blíže charakterizovány.

U těchto tkanin byla provedena analýza strukturních parametrů, které mohou mít vliv na jejich prodyšnost a porositu. Jedná se o dostavu osnovních a útkových nití a především typ vazby, průměr osnovních a útkových nití, plošnou hmotnost a tloušťku.

Charakter závislosti prodyšnosti na strukturních parametrech vyjadřuje korelační koeficient  $\rho$  [-] vypočítaný pomocí funkce „Correl“ programu MS Excel.

### 6.1 Charakteristika experimentálních tkanin

#### 6.1.1 Tkaniny z polyesterové staplové příze – 1. sada

První sada experimentálních tkanin obsahuje 6 vzorků utkaných ze staplové polyesterové příze. Cílem výrobce bylo utkat tkaniny se stejnou dostavou osnovy a útku,  $D_o, D_u = 31,8$  nití/cm, což bylo ověřováno experimentálním počítáním vypáraných osnovních a útkových nití ze vzorků o rozměru 100 x 100 mm. Skutečná hodnota dostavy osnovy a útku jsou zaznamenány v tabulce 3. Jemnost osnovních a útkových nití udává výrobce. Tloušťka tkanin byla experimentálně změřena na tloušťkoměru FF-27. Plošná hmotnost tkanin byla vypočítána podle vztahu (28) na základě zvážení vzorků tkanin o rozměru 100 x 100 mm na laboratorních vahách Scaltec SBC 41.

Parametry tkanin jsou přehledně zobrazeny v tabulce 3.

Tabulka 3 Parametry 1. sady experimentálních tkanin

Vazba	Dostava osnovy [1/cm]	Dostava útku [1/cm]	Jemnost osnovy [tex]	Jemnost útku [tex]	Tloušťka [mm]	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]
Kepr 1/5	32,8	33,0	16,5	16,5	0,577	118,86
Kepr 2/4	33,3	34,2	16,5	16,5	0,578	117,65
Kepr 2/1	32,4	34,7	16,5	16,5	0,434	123,55
Atlas 1/5	33,1	33,6	16,5	16,5	0,573	114,92
Atlas 2/4	32,7	34,5	16,5	16,5	0,561	120,18
Atlas 3/3	33,3	33,4	16,5	16,5	0,527	119,94

#### 6.1.2 Tkaniny z polyesterové staplové příze – 2. sada

Druhá sada experimentálních tkanin obsahuje 7 vzorků utkaných ze staplové polyesterové příze. Cílem výrobce bylo utkat tkaniny se stejnou dostavou osnovy a

útku,  $D_o$ ,  $D_u = 21,2$  nití/cm, což bylo ověřováno experimentálním počítáním vypáraných osnovních a útkových nití ze vzorků o rozměru 100 x 100 mm. Skutečná hodnota dostavy osnovy a útku jsou zaznamenány v tabulce 4. Jemnost osnovních a útkových nití udává výrobce. Tloušťka tkanin byla experimentálně změřena na tloušťkoměru FF-27. Plošná hmotnost tkanin byla vypočítána podle vztahu (28) na základě zvážení vzorků tkanin o rozměru 100 x 100 mm na laboratorních vahách Scaltec SBC 41.

Parametry tkanin jsou přehledně zobrazeny v tabulce 4.

**Tabulka 4 Parametry 2. sady experimentálních tkanin**

Vazba	Dostava osnovy [1/cm]	Dostava útku [1/cm]	Jemnost osnovy [tex]	Jemnost útku [tex]	Tloušťka [mm]	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]
Plátno	20,4	20,4	40	40	0,632	200,22
Kepr 1/5	21,1	22,6	40	40	0,885	194,32
Kepr 2/4	21,3	22,8	40	40	0,844	197,02
Kepr 2/1	21,6	22,7	40	40	0,661	193,39
Atlas 1/5	21,4	23,1	40	40	0,854	191,16
Atlas 2/4	21,1	23,4	40	40	0,878	194,91
Atlas 3/3	21,1	23,1	40	40	0,758	194,76

### 6.1.3 Tkaniny z polyamidového multifilu

Třetí sada experimentálních tkanin obsahuje celkem 15 vzorků utkaných z PA multifilu. Cílem výrobce bylo utkat tkaniny se stejnou dostavou osnovy,  $D_o = 49$  nití/cm. Dostava útku měla stoupat po 2 nitích/cm v případě plátnových tkanin od  $D_u = 12$  nití/cm do  $D_u = 20$  nití/cm, v případě keprových tkanin od  $D_u = 21$  nití/cm do  $D_u = 29$  nití/cm a v případě atlasových tkanin od  $D_u = 28$  nití/cm do  $D_u = 36$  nití/cm. Parametry tkanin jsou přehledně zobrazeny v tabulce. Dostava osnovy a útku byla ověřována experimentálním počítáním vypáraných osnovních a útkových nití ze vzorků o rozměru 100 x 100 mm. Skutečná hodnota dostavy osnovy a útku jsou zaznamenány v tabulce 5. Jemnost osnovních a útkových nití udává výrobce. Tloušťka tkanin byla experimentálně změřena na tloušťkoměru FF-27. Plošná hmotnost tkanin byla vypočítána podle vztahu (28) na základě zvážení vzorků tkanin o rozměru 100 x 100 mm na laboratorních vahách Scaltec SBC 41.

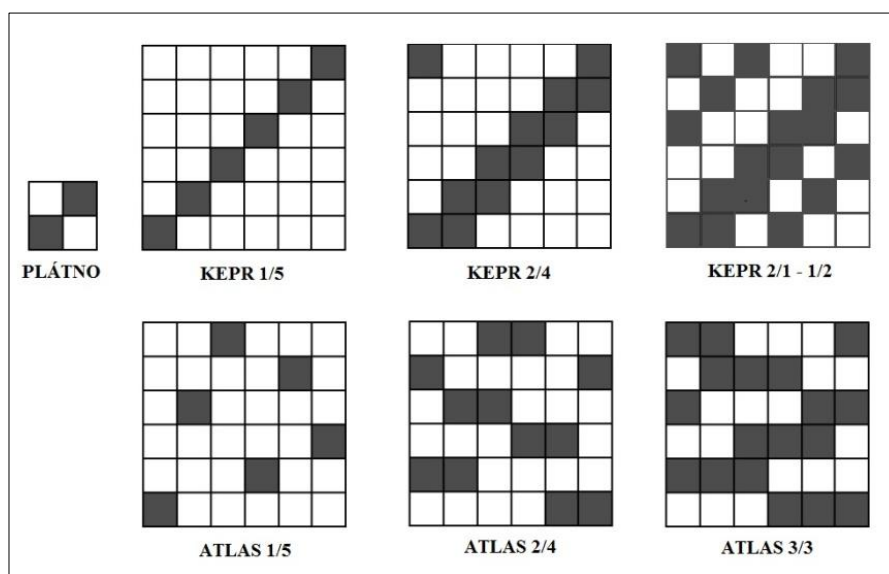
Parametry tkanin jsou přehledně zobrazeny v tabulce 5.

Tabulka 5 Parametry 3. sady experimentálních tkanin

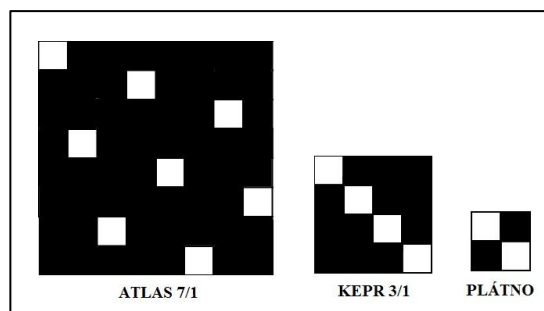
Vazba	Dostava osnovy [1/cm]	Dostava útku [1/cm]	Jemnost osnovy [tex]	Jemnost útku [tex]	Tloušťka [mm]	Plošná hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]
plátno 49-12	48,8	11,5	22	22	0,379	137,34
plátno 49-14	48,5	13,1	22	22	0,377	143,46
plátno 49-16	48,4	15,6	22	22	0,384	149,57
plátno 49-18	48,7	18,6	22	22	0,414	163,72
plátno 49-20	48,5	20,8	22	22	0,414	170,69
kepr 49-21	48,3	22,0	22	22	0,472	165,33
kepr 49-23	48,7	23,8	22	22	0,473	175,21
kepr 49-25	48,7	26,1	22	22	0,464	180,81
kepr 49-27	48,8	27,5	22	22	0,471	185,68
kepr 49-29	48,3	29,0	22	22	0,479	191,94
atlas 49-28	49,0	27,5	22	22	0,468	168,19
atlas 49-30	48,8	28,8	22	22	0,481	177,04
atlas 49-32	49,2	30,9	22	22	0,492	173,47
atlas 49-34	48,9	33,5	22	22	0,484	185,79
atlas 49-36	48,7	35,2	22	22	0,501	195,14

#### 6.1.4 Vazby experimentálních tkanin

Charakteristika experimentálních tkanin je doplněna o rozkreslení vazeb jednotlivých tkanin na obrázcích 11 a 12.



Obrázek 11 Vazby staplových PL tkanin



Obrázek 12 Vazby multifilových PA tkanin

## 6.2 Analýza struktury experimentálních tkanin

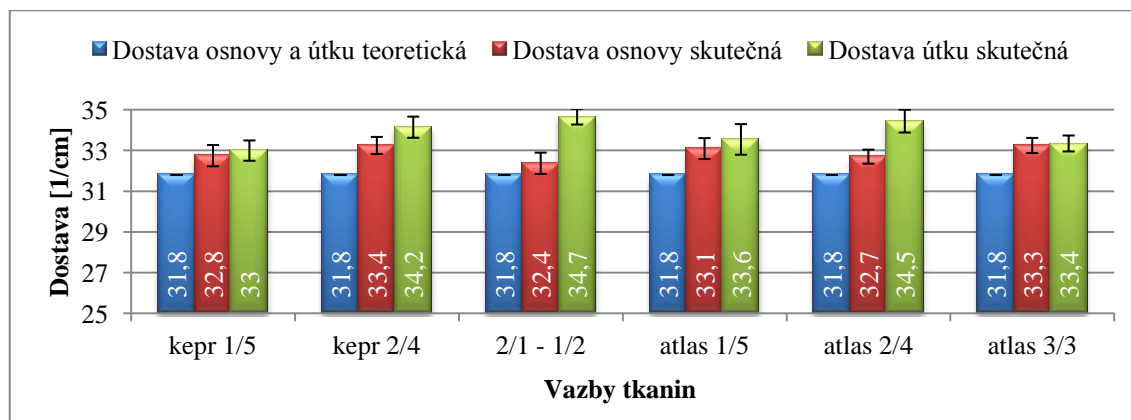
Cílem analýzy struktury experimentálních tkanin bylo ověřit jejich strukturní parametry, které byly následně využity ve výpočtech prodyšnosti a porosity.

### 6.2.1 Dostava osnovy a útku

Cílem této části analýzy struktury experimentálních tkanin bylo ověřit hodnoty dostavy osnovy a útku, kterých měly sledované tkaniny teoreticky dosahovat. Měření dostavy bylo provedeno počítáním vypáraných nití osnovy a útku ze vzorků o rozměrech 100 x 100 mm ustřiženého po nitě. Celkově bylo provedeno 10 měření pro osnovní nitě a 10 měření pro útkové nitě.

Průměrné hodnoty  $D_o$  a  $D_u$  jsou analyzovány dále v textu. Pro každou hodnotu  $D_o$  a  $D_u$  uvedenou v grafech byl konstruován konfidenční interval s hladinou významnosti 95 %. Pomocí tohoto intervalu byly sledovány odchylky skutečných hodnot  $D_o$  a  $D_u$  od hodnoty udané výrobcem.

Teoreticky udané dostavy osnovy a útku první sady experimentálních tkanin z PL staplové příze o jemnosti 16,5 tex měla dosahovat hodnot  $D_o = 31,8$  nití/cm,  $D_u = 31,8$  nití/cm. Počítáním vypáraných nití se ukázalo, že reálné hodnoty dostavy osnovy i útku se od teoreticky udané hodnoty lišily (viz obrázek 13).

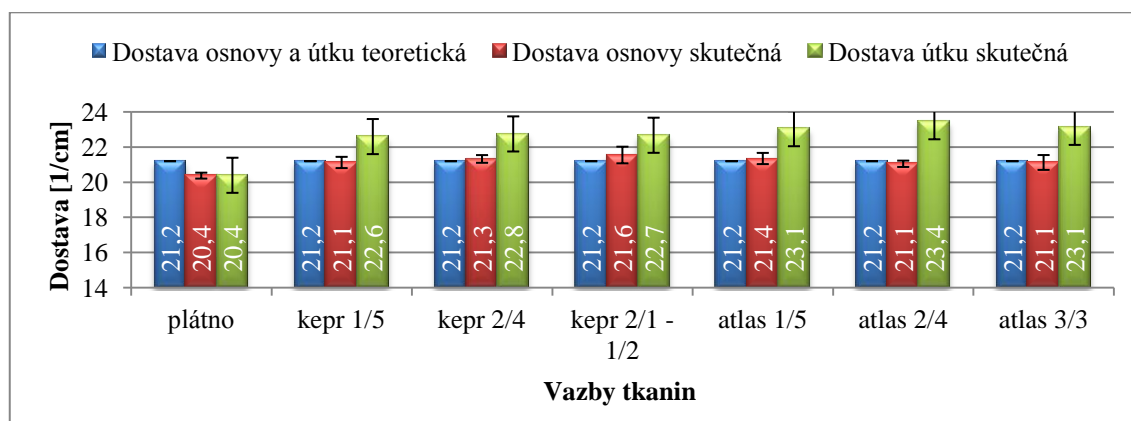


Obrázek 13 Dostava staplových tkanin PL 16,5 tex



Na hladině spolehlivosti 95 % byly pozorovány významné odchylky skutečné dostavy útku od teoreticky udané u tkanin typu kepr 2/4, kepr 2/1 - 1/2 a atlas 2/4. Dále se ukázalo, že dostava osnovy a útku, které by měly být podle teoretických hodnot shodné, ve skutečnosti dosahují hodnot rozdílných. Dostava osnovy a útku se u některých tkanin lišily až o 2 nitě/cm, přičemž téměř vždy byla dostava útkových nití vyšší než dostava nití osnovních. Stejně hodnoty dostavy osnovy a útku se podařilo naměřit pouze v případě tkaniny typu atlas 3/3.

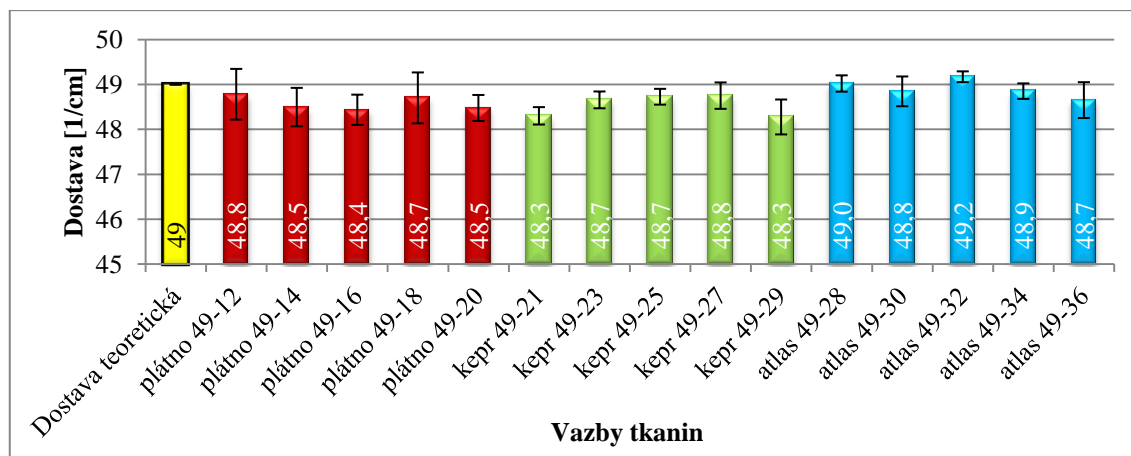
Teoreticky udané dostavy osnovy a útku druhé sady experimentálních tkanin z PL staplové příze o jemnosti 40 tex měla dosahovat hodnot  $D_o = 21,2$  nití/cm,  $D_u = 21,2$  nití/cm. Ukázalo se, že skutečné hodnoty dostavy osnovních nití přibližně odpovídají teoreticky udané hodnotě dostavy (viz obrázek 14).



Obrázek 14 Dostava staplových tkanin PL 40 tex

Pouze v případě tkaniny typu plátno byla zjištěna na hladině spolehlivosti 95 % významná odchylka skutečné dostavy osnovy od dostavy teoreticky udané. U tohoto typu tkaniny byla zjištěna i významná odchylka u skutečné dostavy útku. Jednalo se ovšem o jedinou tkaninu z celé sady, která odpovídala teoreticky udané skutečnosti, že dostava osnovy a útku mají stejnou hodnotu. U ostatních typů tkanin byly zjištěny na hladině spolehlivosti 95 % významné odchylky skutečné dostavy útku od dostavy teoreticky udané, přičemž skutečná dostava útku byla vyšší než dostava teoreticky udaná.

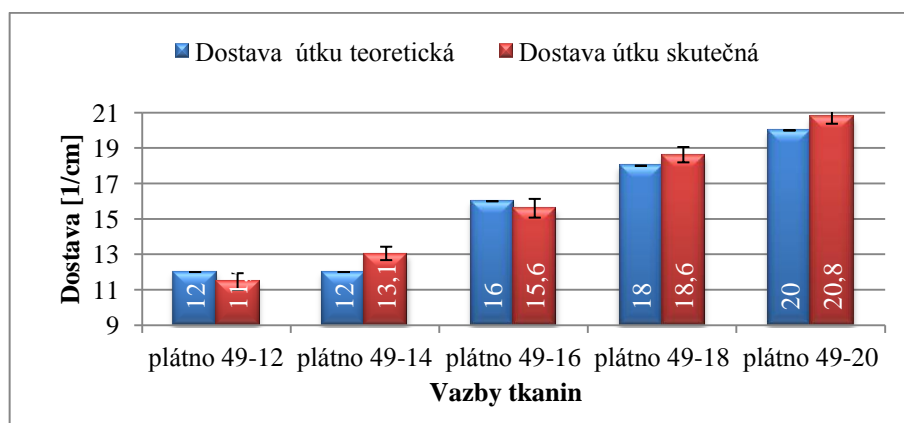
Třetí sada experimentálních tkanin se od předchozích dvou liší tím, že dostava osnovy je u všech patnácti tkanin stejná a dostava útku se mění. Teoreticky udaná  $D_o = 49$  nití/cm. Páráním osnovy se ukázalo, že skutečné hodnoty dostavy se od teoreticky udané dostavy osnovy příliš neodchylovaly (viz obrázek 15).



Obrázek 15 Dostava osnovních nití multifilových tkanin PA 22 tex

Skutečné hodnoty dostavy se pohybovaly v intervalu  $<48,28/\text{cm}; 49,17/\text{cm}>$ . Významné odchylky byly na hladině spolehlivosti 95 % zjištěny u tkanin typu plátno 49 - 14, plátno 49 - 16, plátno 49 - 20, kepr 49 - 21, kepr 49 - 23, kepr 49 - 25 a kepr 49 - 29.

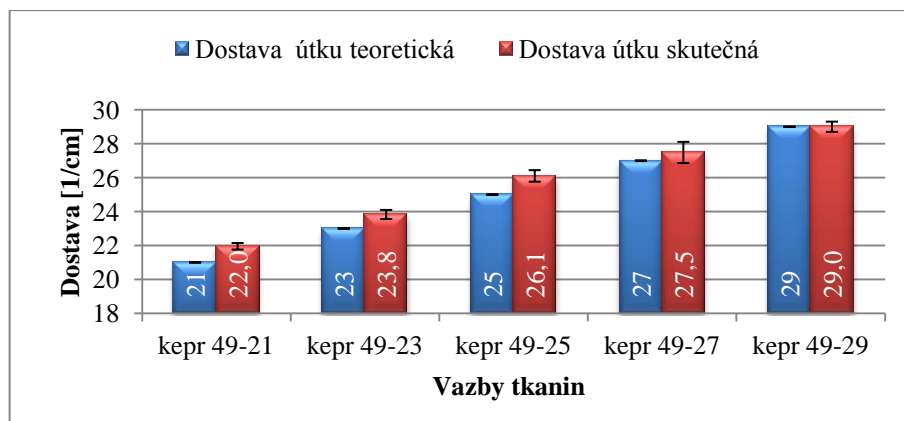
V případě plátňových tkanin, jejichž teoretická dostava útku měla dosahovat hodnot  $D_u = 12$  nití/cm,  $D_u = 14$  nití/cm,  $D_u = 16$  nití/cm,  $D_u = 18$  nití/cm,  $D_u = 20$  nití/cm, bylo dokázáno, že skutečné hodnoty dostavy útku se od teoreticky udaných hodnot dostavy útku nelišily více než o 1 nit/cm (viz obrázek 16).



Obrázek 16 Dostava útku multifilových tkanin plátňové vazby

Významná odchylka na hladině spolehlivosti 95 % byla zjištěna pouze u tkaniny typu plátno 49 - 14 a plátno 49 - 20.

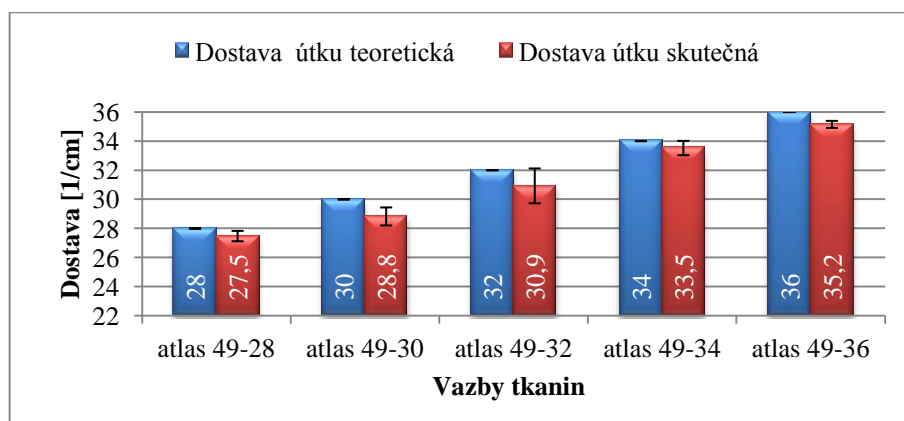
V případě keprových tkanin, jejichž teoretická dostava útku měla dosahovat hodnot  $D_u = 21$  nití/cm,  $D_u = 23$  nití/cm,  $D_u = 25$  nití/cm,  $D_u = 27$  nití/cm,  $D_u = 29$  nití/cm, se ukázalo, že skutečné hodnoty dostavy útku se od teoreticky udané dostavy v případech některých typů tkanin významně liší (viz obrázek 17).



Obrázek 17 Dostava útku multifilových tkanin keprové vazby

Na hladině významnosti 95 % byly zjištěny významné odchylky u tkanin typu kepr 49 - 21, kepr 49 - 23 a kepr 49 - 25.

Také v případě atlasových tkanin se ukázalo, že skutečné hodnoty dostavy útku se od teoreticky udané dostavy, která měla dosahovat hodnot  $D_u = 28$  nití/cm,  $D_u = 30$  nití/cm,  $D_u = 32$  nití/cm,  $D_u = 34$  nití/cm,  $D_u = 36$  nití/cm v případech některých typů tkanin významně liší (viz obrázek 18).



Obrázek 18 Dostava útku multifilových tkanin atlasové vazby

Na hladině významnosti 95 % byly zjištěny významné odchylky u tkanin atlas 49 - 28, atlas 49 - 30 a atlas 49 - 36.

### Diskuse

Při ověřování dostavy osnovních a útkových nití experimentálních tkanin bylo zjištěno, že u staplových PL tkanin se výrobci ani v jednom případě nepodařilo dosáhnout původního záměru utkat tkaniny se stejnou dostavou osnovy a útku. Skutečná dostava osnovy a útku se od dostavy teoreticky udané lišila v některých případech až o 2 nitě/cm, přičemž téměř vždy dostava útku dosahovala vyšších hodnot než dostava osnovy. Shodných hodnot dostavy osnovy a útku se podařilo dosáhnout

pouze u staplové PL tkaniny o jemnosti nití  $T = 16,5$  tex typu atlas 3/3 a u staplové PL tkaniny o jemnosti nití  $T = 40$  tex typu plátno.

Jelikož hlavním tématem celé této práce je analyzovat vliv vazby na hodnotu prodyšnosti, je třeba, aby ostatní parametry tkanin (dostava osnovy a útku, jemnost osnovních a útkových nití a průměr osnovních a útkových nití) byly stejné. Rozdílné hodnoty dostavy osnovy a útku mohou analýzu vlivu vazby na prodyšnost značně zkreslit, což je dále diskutováno především v kapitole 6.3.2 Plošná porosita.

U multifilových PA tkanin byly též zaznamenány odchylky skutečné dostavy od dostavy teoreticky udané. Původní záměr výrobce byl utkat 3 skupiny tkanin lišící se vazbou (plátno, kepr 3/1 a atlas 7/1), přičemž v každé skupině bylo 5 tkanin se stejnou vazbou, u kterých dostava osnovy byla vždy stejná a dostava útku měla stoupat po 2 nitích/cm. Tento záměr opět nebyl zcela dosažen. Skutečná dostava osnovy nebyla u všech tkanin stejná a dostava útkových nití stoupala s rozdílnou posloupností. Proto i v případě multifilových PA tkanin může skutečná dostava útku zkreslit výsledky analýzy vlivu vazby na prodyšnost. Jak vyplývá z dalších diskusí, zejména v kapitole 6.3.2 Plošná porosita a kapitole 6.3.4 Vertikální porosita, toto zkreslení není tak výrazné jako u staplových PL tkanin, jelikož trend stoupající dostavy útku zůstal víceméně zachován.

### 6.2.2 Vazby tkanin

Cílem této části analýzy struktury experimentálních tkanin bylo zjistit parametry charakterizující vazby jednotlivých tkanin a analyzovat vliv vazby těchto tkanin na prodyšnost. Za tímto účelem byly vypočítány stupeň provázání nití ve tkanině  $f$  [-] podle vztahu (13), posun sousedních útkových nití  $u$  [-] podle vztahu (16), faktor pevnosti zakřížení  $CFF$  [-] podle vztahu (15) a faktor flotujících nití  $FYF$  [-] podle vztahu (14). Míra závislosti prodyšnosti na uvedených parametrech byla vyjádřena pomocí korelačního koeficientu  $\rho$  [-].

Vypočítané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6 a 7. Vliv  $CFF$  a  $FYF$  na prodyšnost experimentálních tkanin je potom znázorněn na obrázcích 19 – 26.

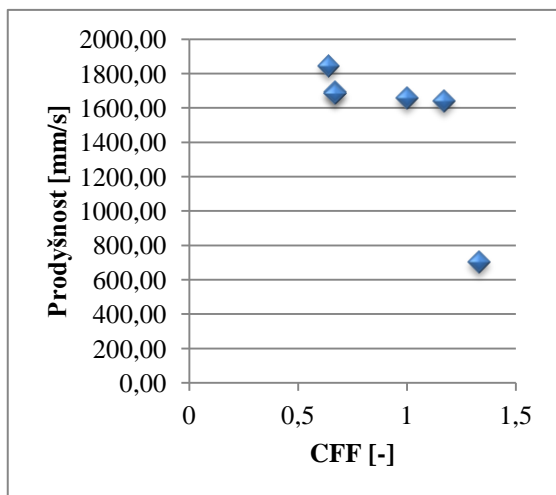
Tabulka 6 Parametry vazeb staplových PL tkanin

vazba	$f$ [-]	$u$ [-]	$CFF$ [-]	$FYF$ [-]
Plátno	1	0,5	2	0
Kepr 1/5	3	0,17	0,67	1,11
Kepr 2/4	3	0,17	0,67	1,11
Kepr 2/1 – 1/2	1,5	0,17	1,33	0,56
Atlas 1/5	3	0,5	0,64	1,11
Atlas 2/4	3	0,33	1	0,83
Atlas 3/3	3	0,11	1,17	0,11

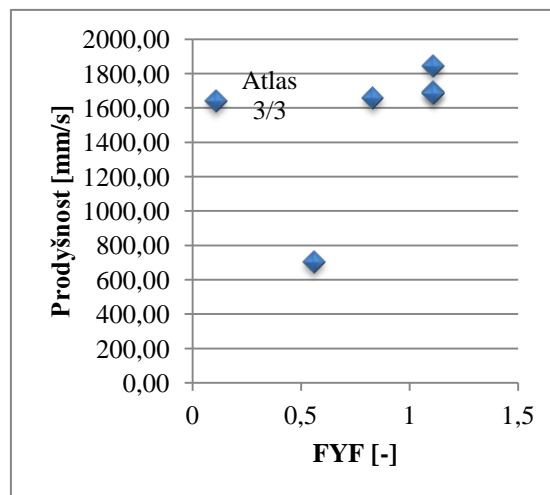
Tabulka 7 Parametry vazeb multifilových PA tkanin

vazba	f [-]	u [-]	CFF [-]	FYF [-]
Plátno	1	0,5	2	0
Kepr 3/1	2	0,25	1	0,75
Atlas 7/1	4	0,375	0,5	1,3125

Vztah faktoru pevnosti zakřížení a faktoru flotující nitě na prodyšnosti experimentálních tkanin je zobrazena na obrázcích 19 – 24.

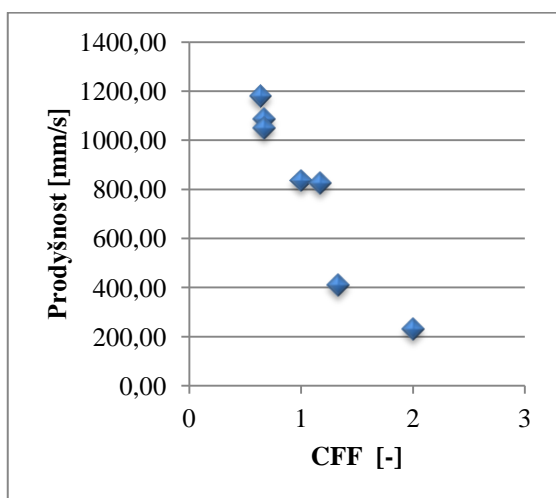


Obrázek 19 Vztah CFF a prodyšnosti staplových PL tkanin; T = 16,5 tex

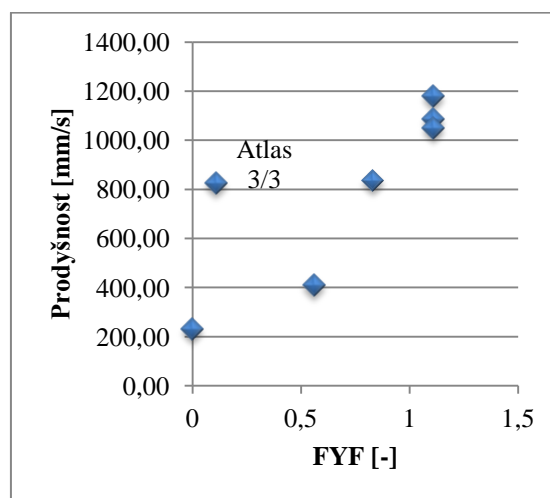


Obrázek 20 Vztah FYF a prodyšnosti staplových PL tkanin; T = 16,5 tex

Z obrázků 19 a 20 je patrná záporná závislost prodyšnosti na CFF ( $\rho = -0,76$ ) a kladná závislost prodyšnosti na FYF ( $\rho = 0,38$ ), tedy hodnoty prodyšnosti stoupají s klesající hodnotou CFF a stoupající hodnotou FYF. V případě FYF však této závislosti neodpovídá tkanina typu atlas 3/3.



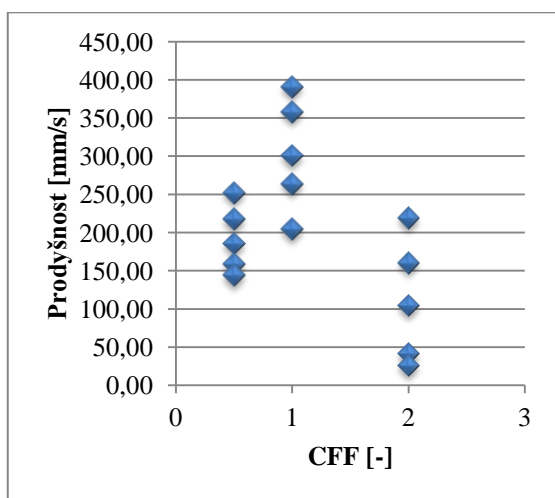
Obrázek 21 Vztah CFF a prodyšnosti staplových PL tkanin; T = 40 tex



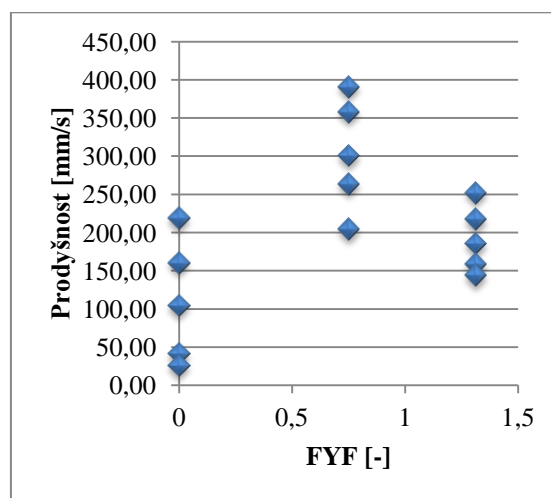
Obrázek 22 Vztah FYF a prodyšnosti staplových PL tkanin; T = 40 tex

Z obrázku 21 a 22 je opět patrná záporná závislost prodyšnosti na CFF ( $\rho = -0,96$ ) a kladná závislost prodyšnosti na FYF ( $\rho = 0,8$ ), tedy hodnoty prodyšnosti stoupají s klesající hodnotou CFF a stoupající hodnotou FYF. I u 2. sady staplových PL tkanin v případě FYF této závislosti neodpovídá tkanina typu atlas 3/3.

2. sada staplových tkanin vykazuje, jak v případě závislosti prodyšnosti na CFF, tak v případě závislosti prodyšnosti na FYF větší korelaci, tedy silnější závislost než 1. sada staplových PL tkanin. Tuto vyšší korelaci způsobuje přítomnost plátňové tkaniny ve 2. sadě experimentálních tkanin, která v 1. sadě chybí. Plátňová tkanina s nulovou hodnotou FYF a nejvyšší hodnotou CFF zvyšuje zápornou korelaci prodyšnosti a CFF i kladnou korelaci prodyšnosti a FYF.



Obrázek 23 Vztah CFF a prodyšnosti multifilových PA tkanin



Obrázek 24 Vztah FYF a prodyšnosti multifilových PA tkanin

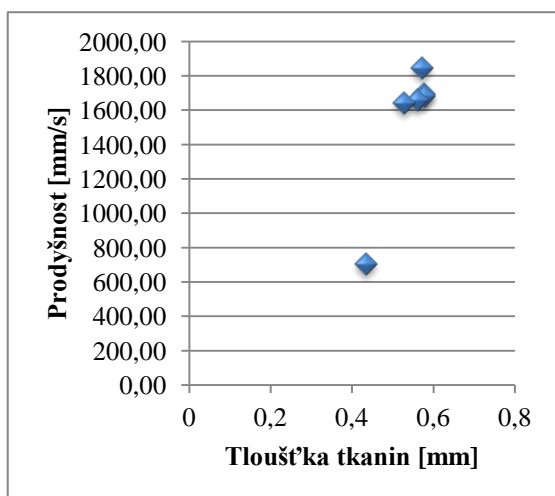
Z obrázku 23 a 24 nelze určit zápornou ani jinou závislost prodyšnosti na CFF a rovněž ani kladnou nebo jinou závislost prodyšnosti na FYF. Lze však předpokládat, vzhledem na známé hodnoty dostavy multifilových PA tkanin analyzované v kapitole 6.2.1 Dostava osnovy a útku, že v případě porovnání keprových a atlasových tkanin má dostava útkových nití na prodyšnost tkaniny větší vliv, než CFF nebo FYF.

### 6.2.3 Tloušťka tkanin

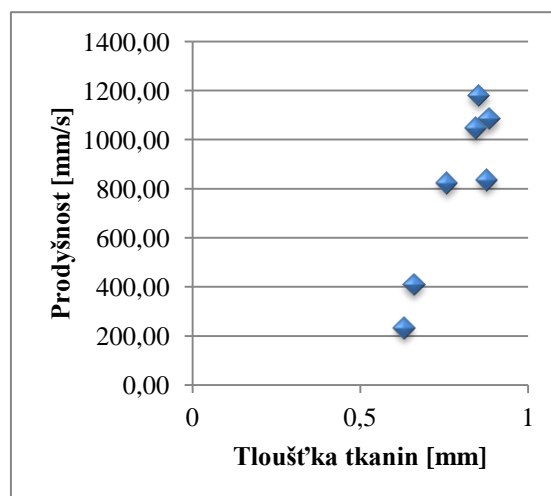
Cílem této části analýzy struktury experimentálních tkanin bylo zjistit jejich tloušťku a vliv tloušťky na prodyšnost. Míra závislosti prodyšnosti na tloušťce byla opět vyjádřena pomocí korelačního koeficientu  $\rho$  [-].

Tloušťka tkanin byla změřena na tloušťkoměru FF-27. Principem zkoušky je změřit vzdálenost mezi dvěma čelistmi tloušťkoměru, mezi kterými je umístěna tkanina, při stanoveném přitlaku. Norma ČSN EN ISO 5084 [33] udává přitlak 1 kPa. Pro potřeby této diplomové práce byl ovšem žádoucí přitlak minimální, což je 0,1 kPa. Na každé tkanině bylo provedeno 10 měření. Průměrné hodnoty tloušťky experimentálních tkanin

jsou uvedeny v příloze B *Tloušťka experimentálních tkanin* na přiloženém CD. Vztah tloušťky a prodyšnosti experimentální tkanin je znázorněna na obrázku 25 - 30.

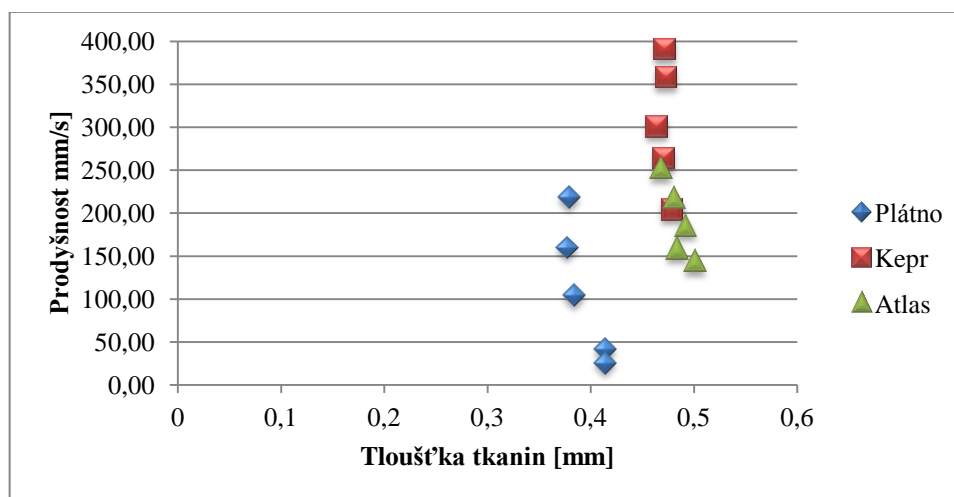


Obrázek 25 Vztah tloušťky a prodyšnosti staplových PL tkanin; T = 16,5 tex



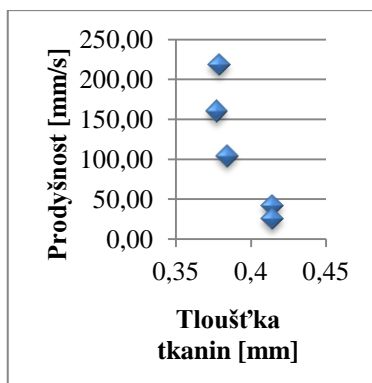
Obrázek 26 Vztah tloušťky a prodyšnosti staplových PL tkanin; T = 40 tex

Z obrázků 25 a 26 je patrná silná kladná závislost prodyšnosti na tloušťce tkaniny, ( $\rho = 0,95$  pro 1. sadu tkanin s T = 16,5 tex a  $\rho = 0,92$  pro 2. sadu tkanin s T = 40 tex) tedy se stoupající hodnotou tloušťky roste prodyšnost tkaniny.

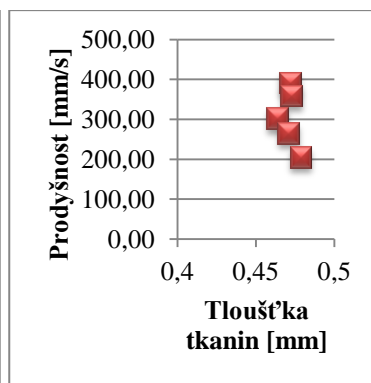


Obrázek 27 Vztah tloušťky a prodyšnosti multifilových PA tkanin

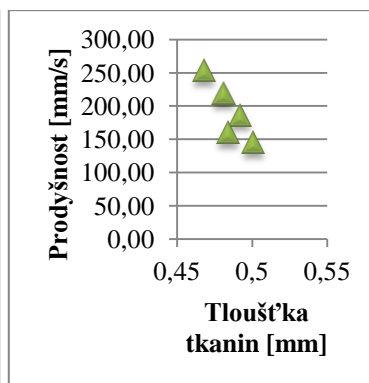
Z obrázku 27 je patrný jistý odstup hodnot plátňových vazeb, což lze odůvodnit strukturou vazby, jelikož plátňová vazba má nejvyšší hodnotu faktoru pevnosti zakřížení, CFF = 2, navíc neobsahuje žádné flotáže, tedy FYF = 0. Vlivem těchto faktorů tak tloušťka i prodyšnost tkanin s plátňovou vazbou dosahuje menších hodnot, než tkaniny s jiným typem vazby.



Obrázek 28 Vztah tloušťky a prodyšnosti multifilových tkanin typu plátno



Obrázek 29 Vztah tloušťky a prodyšnosti multifilových tkanin typu kepr 3/1



Obrázek 30 Vztah tloušťky a prodyšnosti multifilových tkanin typu atlas 7/1

Z obrázků 28, 29 a 30 je patrná záporná závislost tloušťky a prodyšnosti tkaniny ( $\rho = -0,9$  pro plátňové multifilové tkaniny,  $\rho = -0,36$  pro kepré multifilové tkaniny a  $\rho = -0,88$  pro atlasové multifilové tkaniny), tedy se stoupající hodnotou tloušťky klesá prodyšnost tkaniny.

### Diskuse

Při zjišťování vlivu tloušťky experimentálních tkanin na jejich prodyšnost byly zjištěny rozdíly mezi tkaninami ze staplové PL příze a tkaninami z PA multifilu. Ukázalo se, že s rostoucí tloušťkou staplových tkanin stoupá i jejich prodyšnost, zatímco se stoupající tloušťkou multifilových tkanin jejich prodyšnost klesá. Tyto rozdíly způsobuje struktura použitých nití.

Při zatkání staplové příze do tkaniny dochází vlivem vyšší soudržnosti vláken ve struktuře příze způsobené větším zákrutem k menší migraci vláken v průřezu příze, což způsobuje menší deformaci příze. Dochází k menšímu rozšíření příze a tkanina tak nabývá na tloušťce, přičemž stále obsahuje určitý podíl otevřené plochy, kterou může proudit vzduch. Navíc vlivem vyšší ohybové tuhosti staplových přízí může vznikat otevřená plocha i ve vertikálním směru a díky této vertikální porositě může tkaninou proudit další vzduch.

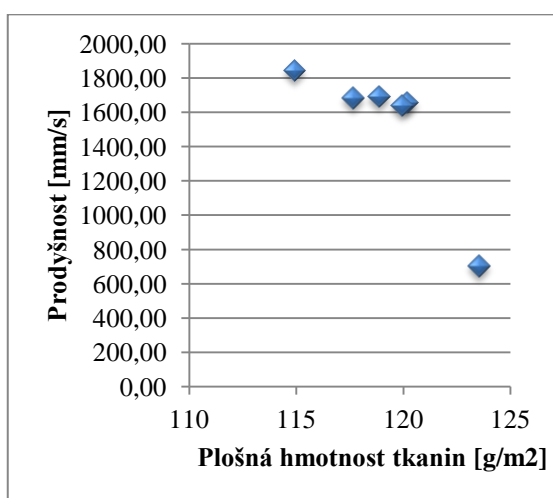
Při zatkání multifilu do tkaniny dochází vlivem nižší soudržnosti fibril ve struktuře multifilu způsobené malým (pouze ochranným) zákrutem k větší migraci fibril v průřezu multifilu, což způsobuje větší deformaci nití. Dochází tak k většímu rozšíření nití a tím pádem se zvyšuje i zakrytí tkaniny. Tkanina tak obsahuje minimální nebo žádnou otevřenou plochu, kterou by mohl proudit vzduch. Navíc vlivem stoupající dostavy útkových nití může docházet k tomu, že rozšířené nitě se překrývají a jednotlivé fibrily se vrství na sebe, což může způsobit, že tkanina je sice tenčí, ale mnohem více a hustěji zakrytá. I v případě multifilu hraje jistou roli ohybová tuhost nití. Ta je u multifilu menší než u staplové příze, a proto v multifilových tkaninách nevzniká tolik otevřeného prostoru ve vertikálním směru, kterým by mohl proudit další vzduch.



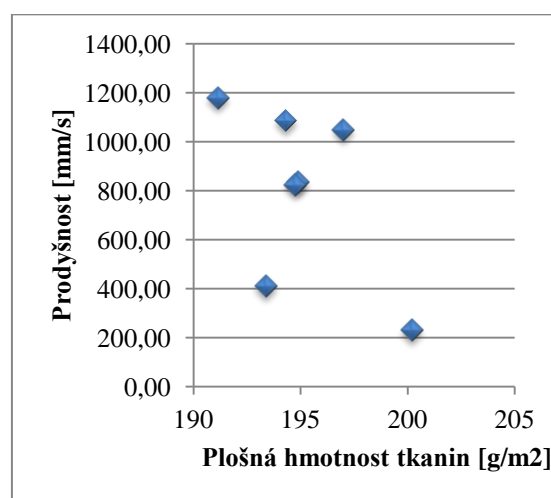
### 6.2.4 Plošná hmotnost tkanin

Cílem této části analýzy struktury experimentálních tkanin bylo zjistit jejich plošnou hmotnost a vliv plošné hmotnosti na prodyšnost. Míra závislosti prodyšnosti na tloušťce byla opět vyjádřena pomocí korelačního koeficientu  $\rho$  [-].

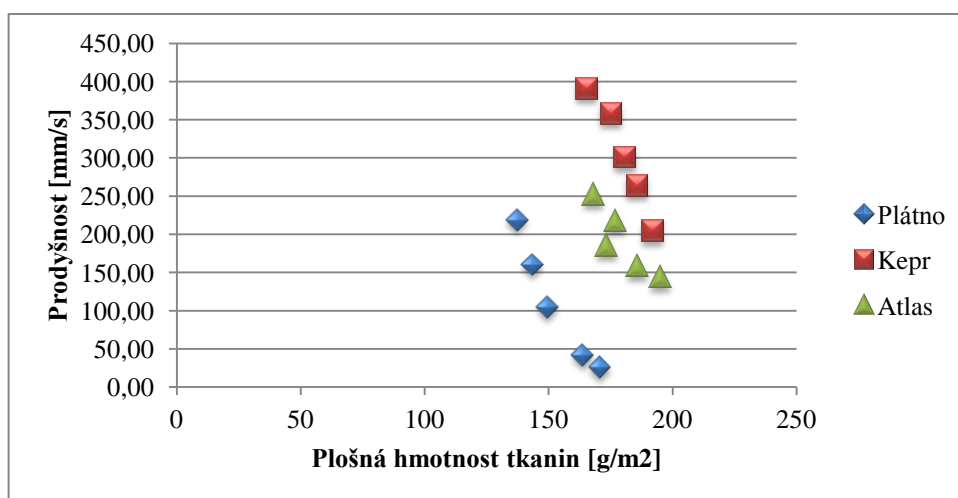
Pro výpočet plošné hmotnosti jednotlivých tkanin bylo třeba zjistit hodnoty hmotnosti vzorků o rozměrech 10x10 cm, podle ČSN EN 12127 [22]. Tyto vzorky byly z experimentálních tkanin odstřiženy po osnově a po útku. Vážení na digitálních laboratorních vahách Scaltec SBC 41 bylo podrobeno 10 vzorků každé experimentální tkaniny. Plošná hmotnost tkanin byla následně vypočítána podle vztahu (28). Průměrné hodnoty plošné hmotnosti experimentálních tkanin jsou uvedeny v příloze C *Plošná hmotnost experimentálních tkanin* na přiloženém CD. Vztah plošné hmotnosti a prodyšnosti experimentálních tkanin je znázorněn na obrázcích 31 – 33.



Obrázek 31 Vztah plošné hmotnosti a prodyšnosti staplových PL tkanin;  $t = 16,5$  tex



Obrázek 32 Vztah plošné hmotnosti a prodyšnosti staplových PL tkanin;  $t = 40$  tex



Obrázek 33 Vztah plošné hmotnosti a prodyšnosti multifilových PA tkanin

### ***Diskuse***

Při zjišťování vlivu plošné hmotnosti experimentálních tkanin na jejich prodyšnost se ukázalo, že jak v případě PL staplových tkanin, tak v případě PA multifilových tkanin s rostoucí plošnou hmotností klesá prodyšnost. Korelační koeficienty dosahují většinou silně záporných hodnot, konkrétně  $\rho = -0,84$  pro staplové tkaniny s  $T = 16,5 \text{ tex}$ ,  $\rho = -0,57$  pro staplové tkaniny s  $T = 40 \text{ tex}$ ,  $\rho = -0,97$  pro plátňové multifilové tkaniny,  $\rho = -0,98$  pro keprové multifilové tkaniny a  $\rho = -0,89$  pro atlasové multifilové tkaniny.

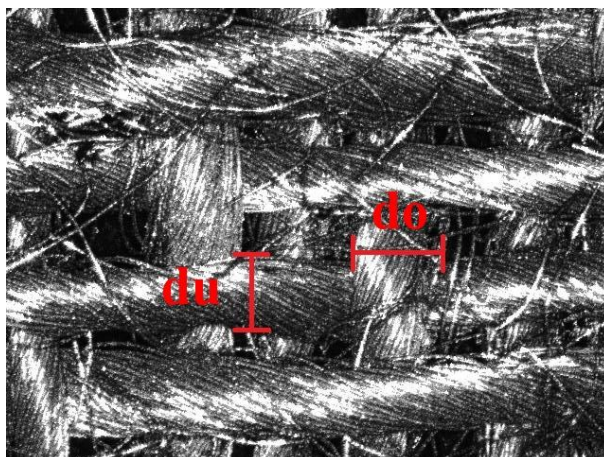
U multifilových tkanin se však ukázalo, že tkaniny s přibližně stejnou plošnou hmotností dosahují velmi rozdílných hodnot prodyšnosti. V případě plátňových tkanin lze tento jev přikládat vlivu vazby, jelikož plátňová vazba má nejvyšší hodnotu faktoru pevnosti zakřížení,  $CFF = 2$ , navíc neobsahuje žádné flotáže, tedy  $FYF = 0$ . Vlivem těchto faktorů prodyšnost těchto tkanin dosahuje mnohem menších hodnot než prodyšnost tkanin s podobnou plošnou hmotností, ale jinou vazbou. V případě porovnání keprových a atlasových tkanin lze předpokládat, vzhledem na známé hodnoty dostavy multifilových PA tkanin analyzované v kapitole 6.2.1 Dostava osnovy a útku, že v případě těchto tkanin má dostava útkových nití na prodyšnost tkaniny větší vliv, vazba a plošná hmotnost.

#### **6.2.5 Průměr osnovních a útkových nití**

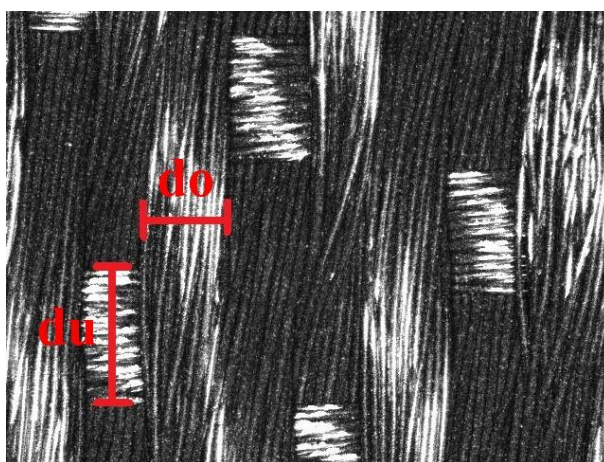
Cílem této části analýzy struktury tkanin bylo definovat rozdíly mezi staplovou tkaninou a multifilovou tkaninou a orientačně zhodnotit deformace průměru nití po zatčení a porovnat hodnoty průměrů deformovaných zatčených nití s hodnotami průměru nití nezatčených, které byly naměřeny na přístroji USTER. K tomuto výzkumu byl využitý konfokální mikroskop Lext.

Základním principem konfokálního mikroskopu LEXT je tvorba obrazu snímaného objektu řádkováním bod po bodu. Díky přesně definovanému posuvu objektivu ve směru osy Z lze tak snímat nejen body v rovině XY, ale i jednotlivé optické řezy, ze kterých je následně složen trojrozměrný obraz. Snímání obrazu je ovládáno počítačem, ve kterém následně probíhá i analýza obrazu.

Obrazová analýza deformace průměru nití byla provedena na dvojrozměrných obrazech. Z pořízených obrazů byly subjektivně funkcí „distance“ (viz obrázek 34 a 35) stanoveny průměry osnovních a útkových nití. Znázorněná funkce „distance“ představuje hodnotu průměru nití deformovaných ve směru úsečky  $a$ , tzn. relativní rozšíření nití (viz kapitola 3.2 Deformace nití ve tkanině). Obrazy všech experimentálních tkanin jsou součástí přílohy A *Obrazy z konfokálního mikroskopu* na přiloženém CD..



Obrázek 34 Průměr osnovní a útkové nitě staplové PL tkaniny Atlas 1/5; 16,5 tex; Do 31,8/cm; Du 31,8/cm změřený pomocí funkce „distance“



Obrázek 35 Průměr osnovní a útkové nitě multifilové PA tkaniny Atlas 7/1; 22 tex; Do = 49/cm; Du = 32/cm změřený pomocí funkce „distance“

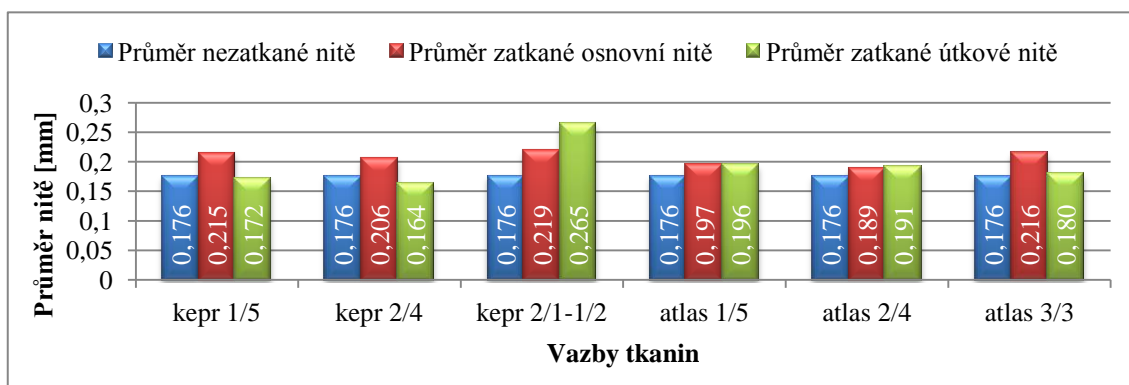
### *Diskuse*

Obrázky 34 a 35 ukazují značné rozdíly mezi strukturou staplové a multifilové tkaniny i mezi strukturou staplové příze a multifilu.

Na obrázku 34 je viditelný zákrut staplových přízí i určitý podíl odstávajících vláken, tedy chlupatost charakteristickou právě pro staplové příze. Ve struktuře tkaniny ze staplové PL příze je patrný určitý podíl otevřené plochy, který je zapříčiněn mimo jiné i strukturou použité příze. Staplová příze vlivem použitého zákrutu, který je mnohem vyšší než zákrut udělovaný multifilním nitím, má stabilnější strukturu a je odolnější vůči deformaci způsobené zatknáním příze do tkaniny a dalším deformačním vlivům. Ve staplové přízi dochází k menší migraci vláken v průřezu než v případě multifilu, a proto rozdíly mezi průměrem nezatkané a zatkané staplové příze není tak velký jako v případě multifilu. Orientačně naměřené hodnoty průměru deformovaných přízí budou rozebrány v textu dále.

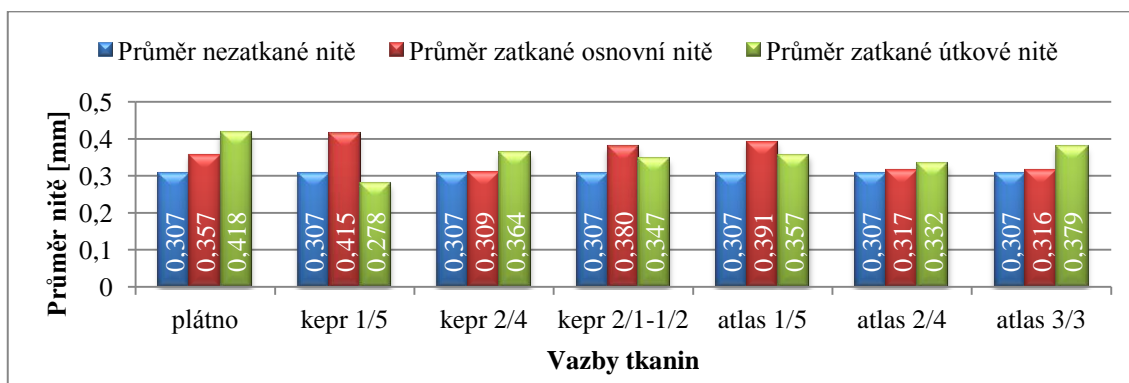
Na obrázku 35 je viditelný pouze minimální (ochranný) zákrut multifilních nití. Ve struktuře multifilové PA tkaniny nelze vizuálně detekovat otevřenou plochu, což je zapříčiněno mimo jiné i strukturou použitých nití. Ochranný zákrut multifilu způsobuje menší odolnost nitě vůči deformaci způsobené zatčením nitě do tkaniny i dalším deformačním vlivům. V multifilu dochází k větší migraci jednotlivých fibril v průřezu, což zapříčiňuje větší rozdíly mezi průměrem zatčené a nezatčené nitě. Orientačně naměřené hodnoty průměru deformovaných nití budou diskutovány v textu dále.

Obrazovou analýzou bylo zjištěno, že v případě první sady experimentálních tkanin z PL staplové příze o jemnosti 16,5 tex, jejichž průměr osnovní i útkové nitě v nezatčeném stavu změřený na přístroji Uster byl 0,176 mm, docházelo k rozšíření osnovních a útkových nití u téměř všech sledovaných typů tkanin (viz obrázek 36). Výjimku tvořil kepr 2/4, kde průměr zatčené útkové nitě byl menší než průměr nezatčené.



Obrázek 36 Průměr staplové PL příze; t = 16,5 tex

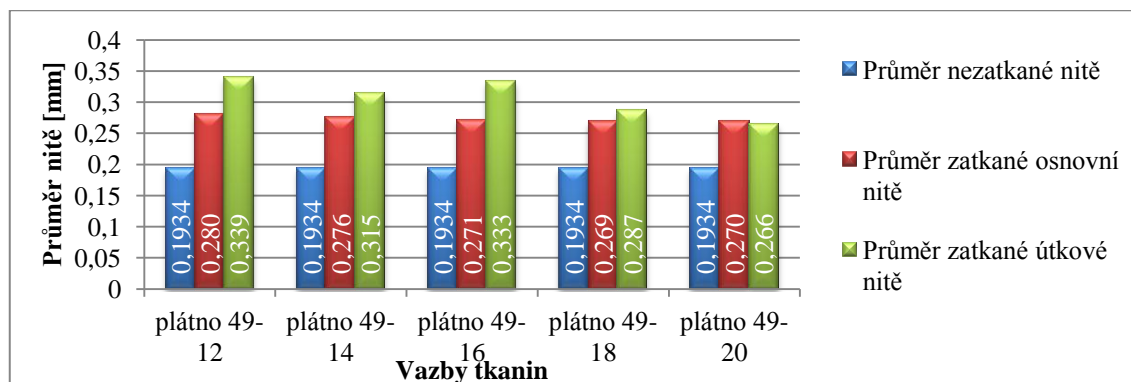
V případě druhé sady experimentálních tkanin z PL staplové příze o jemnosti 40 tex, jejichž průměr osnovní i útkové nitě v nezatčeném stavu změřený na přístroji Uster byl 0,307 mm, obrazová analýza ukázala velmi kolísající výsledky deformace průměru zatčených nití (viz obrázek 37).



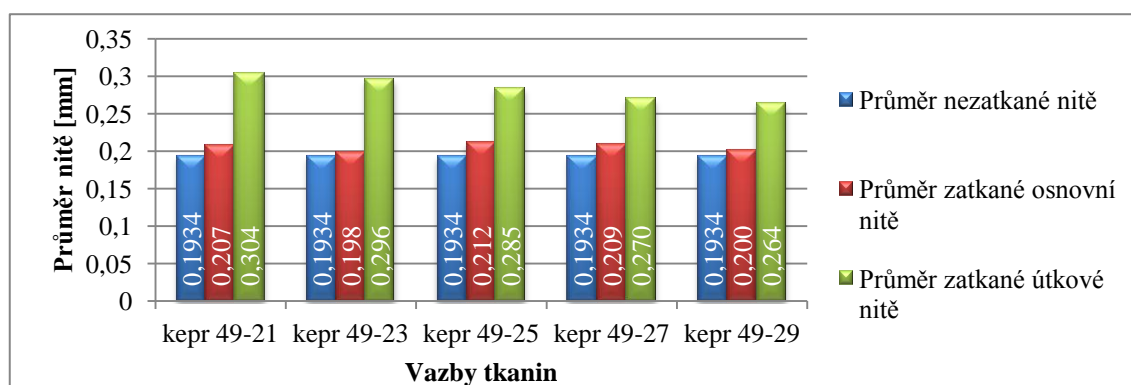
Obrázek 37 Průměr staplové PL příze; t = 40 tex

V případě některých tkanin této sady, konkrétně kepr 2/1 – 1/2, atlas 1/5 a atlas 2/4, docházelo k přibližně stejné deformaci průměru, jak osnovní, tak útkové nitě. V případě tkanin kepr 2/4 a atlas 3/3 docházelo k minimální deformaci průměru osnovní nitě.

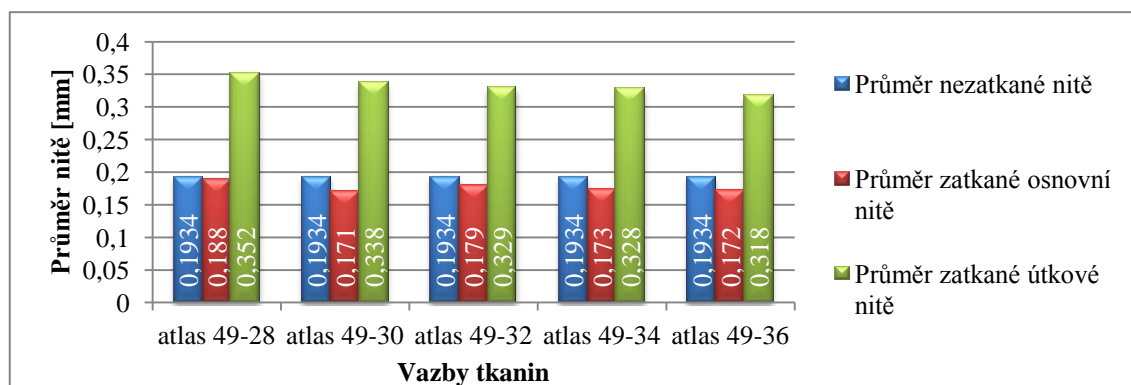
Obrazová analýza třetí sady experimentálních tkanin z PA multifilu o jemnosti osnovních i útkových nití 22 tex, jejichž průměr osnovní i útkové nitě v nezatkaném stavu změřený na přístroji Uster byl 0,1934, mm ukázala rozšíření osnovních i útkových nití u všech patnácti sledovaných tkanin, jak ukazují obrázky 38 – 40.



Obrázek 38 Průměr multifilových PA nití plátnových vazeb



Obrázek 39 Průměr multifilových PA nití keprových vazeb



Obrázek 40 Průměr multifilových PA nití atlasových vazeb

### ***Diskuse***

Obrazovou analýzou byla orientačně zkoumána deformace průměru zatkaných nití experimentálních tkanin. V případě staplových PL tkanin byla deformace průměru menší než v případě multifilových PA tkanin, což bylo zapříčiněno odlišnou strukturou použitých nití.

Další rozdíly byly zjištěny při porovnání průměrů deformovaných osnovních a útkových nití jednotlivých sad experimentálních tkanin. Rozdíl deformace osnovních a útkových nití staplových PL tkanin nebyl tak velký jako rozdíl deformace osnovních a útkových nití multifilových PA tkanin, což souvisí s dostavou experimentálních tkanin.

Dostava staplových PL tkanin byla přibližně stejná, což zapříčinilo i přibližně stejné deformační síly působící na zatkané osnovní a útkové nitě, a tudíž přibližně stejnou deformaci průměru osnovní a útkové nitě.

Dostava multifilových PA tkanin se u všech typů tkanin lišila, což zapříčinilo i různé deformační síly působící na zatkané osnovní a útkové nitě, a tudíž i rozdílnou deformaci průměru osnovních a útkových nití. Osnovní nitě neměly kvůli vysoké dostavě ve tkanině tolik prostoru na zploštění, zatímco útkové nitě vlivem nižší dostavy měly ve tkanině prostoru na zploštění dost, a i proto dochází u útkových nití k většímu zploštění.

U multifilových PA tkanin lze definovat vliv vazby na deformaci průměru osnovních a útkových nití, zejména z hlediska pevnosti zakřížení. Plátňové tkaniny s nejvyšším faktorem pevnosti zakřížení,  $CFF = 2$ , lze pozorovat nejmenší rozdíl mezi deformací osnovních a útkových nití, u atlasové tkaniny s nejnižším faktorem pevnosti zakřížení,  $CFF = 0,5$ , lze pozorovat největší rozdíl mezi deformací osnovních a útkových nití.

U keprových a atlasových tkanin se projevuje i vliv posunutí sousedních útkových nití  $u$  na deformaci osnovních a útkových nití. U keprových tkanin s menším posunutím sousedních útkových nití,  $u = 0,25$ , je rozdíl deformace osnovních a útkových nití menší než u atlasových tkanin s posunutím sousedních útkových nití,  $u = 0,375$ . Tedy čím vyšší je posunutí sousedních útkových nití, tím větší je rozdíl mezi deformací osnovních a útkových nití.

U staplových PL tkanin tento vliv vazby jednoznačně prokázat nelze.

### **6.3 Porosita**

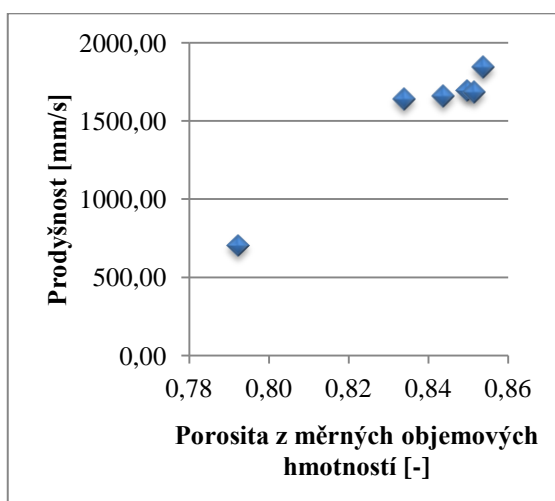
Cílem této části je analyzovat a porovnat vybrané modely pro vyjádření porosity tkaniny, vliv porosity na prodyšnost experimentálních tkanin. Míra závislosti prodyšnosti na porositě byla vyjádřena opět pomocí korelačního koeficientu  $\rho$  [-].

Dále bude vybrán model pro vyjádření porosity, který nejlépe odpovídá skutečnému vztahu prodyšnosti a porosity experimentálních tkanin.

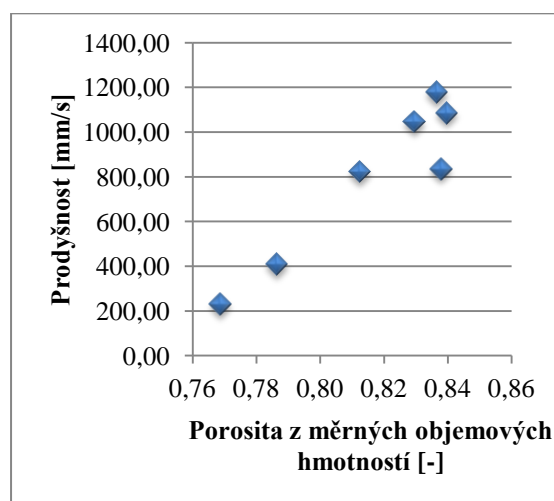
### 6.3.1 Porosita vypočítaná z měrných hmotností

Měrná objemová hmotnost tkanin byla vypočítána podle vztahu (20). Porosita vyjádřená z měrných objemových hmotností byla následně vypočítána podle vztahu (29). Hodnoty tloušťky potřebné pro uvedené výpočty byly experimentálně změřeny na tloušťkoměru FF-27, hodnoty plošné hmotnosti jsou uvedeny v příloze C *Plošná hmotnost experimentálních tkanin* na přiloženém CD.

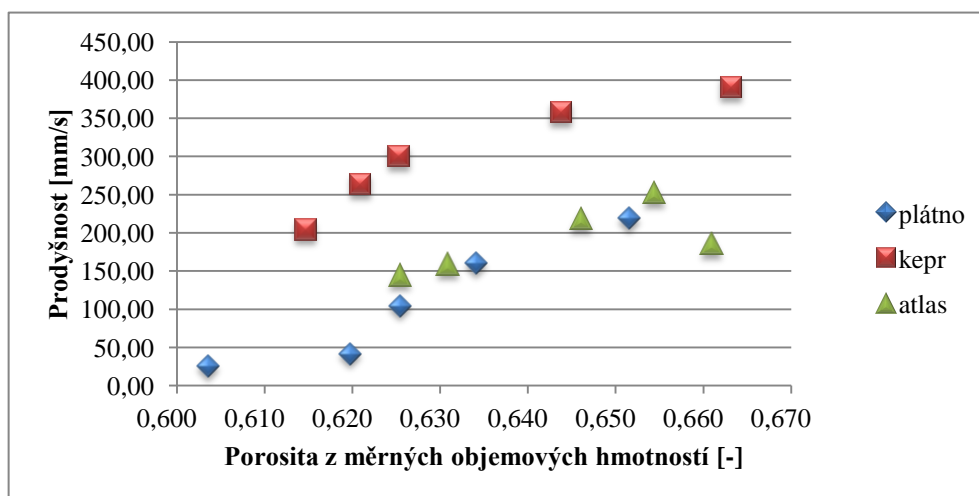
Hodnoty měrných hmotností experimentálních tkanin a porosity vyjádřené z těchto měrných hmotností jsou uvedeny v tabulkách v Příloze D Měrná objemová hmotnost experimentálních tkanin a porosita z měrných objemových hmotností. Vztah porosity z měrných objemových hmotností a prodyšnosti experimentálních tkanin je znázorněna na obrázcích 41 - 43.



Obrázek 41 Vztah porosity z měrných objemových hmotností a prodyšnosti staplových PL tkanin;  
T = 16,5 tex



Obrázek 42 Vztah porosity z měrných objemových hmotností a prodyšnosti staplových PL tkanin;  
T = 40 tex



Obrázek 43 Vztah porosity z měrných objemových hmotností a prodyšnosti multifilových PA tkanin



### Diskuse

Při zjišťování vztahu porosity z měrných objemových hmotností a prodyšnosti experimentálních tkanin byla zjištěna kladná závislost, tedy s rostoucí porositou stoupá prodyšnost, a to jak v případě staplových PL tkanin, tak v případě multifilových PA tkanin. Korelační koeficienty dosahují většinou silně kladných hodnot, konkrétně  $\rho = 0,97$  pro staplové tkaniny s  $T = 16,5$  tex,  $\rho = 0,94$  pro staplové tkaniny s  $T = 40$  tex,  $\rho = 0,96$  pro plátnové multifilové tkaniny,  $\rho = 0,94$  pro keprové multifilové tkaniny a  $\rho = 0,71$  pro atlasové multifilové tkaniny.

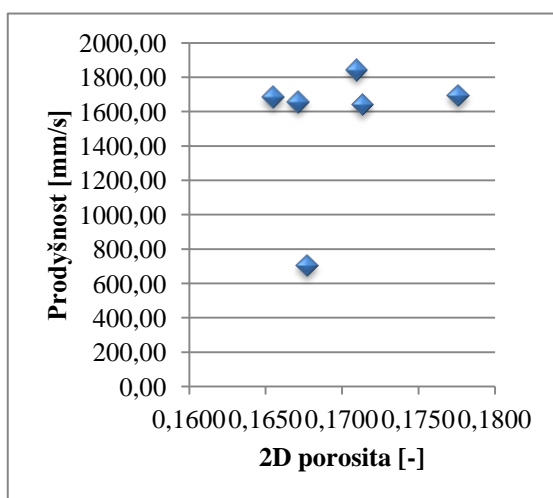
U sady staplových tkanin s jemností příze  $T = 40$  tex byly zjištěny výjimky odchylující se od této závislosti, a to tkaniny typu atlas 2/4 a K 1/5, u kterých byla zjištěna porosita vyšší, ale naměřena prodyšnost nižší než u atlasu 1/5.

U sady multifilových tkanin byly zaznamenány případy, kdy tkaniny s různou hodnotou porosity měly stejnou prodyšnost nebo naopak, tkaniny se stejnou porositou měly rozdílnou prodyšnost.

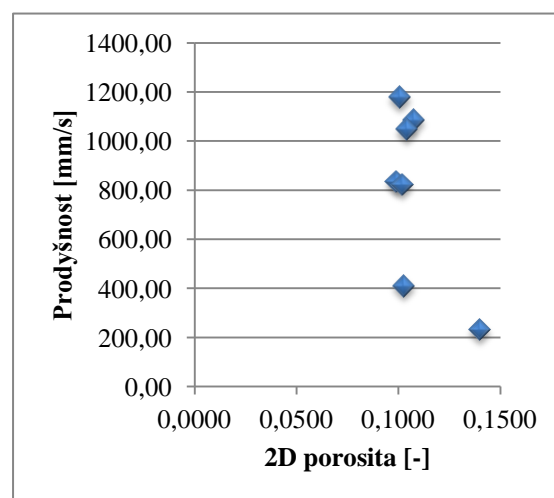
#### 6.3.2 Plošná porosita

Porosita podle klasického 2D modelu byla vypočítána na základě znalosti dostavy osnovy a útku a průměru osnovních a útkových nití rozebíraných v kapitolách 6.2.1 a 6.2.4. Plošná porosita podle vztahu (30) byla vypočítána pro hodnoty průměru osnovních a útkových nití v nezatkaném stavu, jelikož hodnoty průměru deformovaných osnovních a útkových nití jsou pouze orientačního charakteru.

Hodnoty plošné porosity jsou uvedeny v příloze E *Plošná porosita experimentálních tkanin* na příloženém CD. Vztah 2D porosity a prodyšnosti experimentálních tkanin je znázorněna na obrázcích 44 - 46.

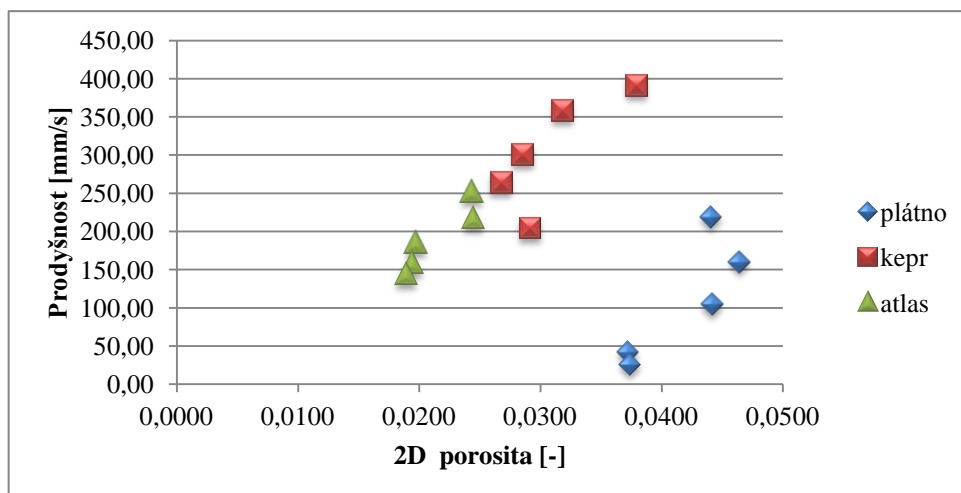


Obrázek 44 Vztah 2D porosity a prodyšnosti staplových PL tkanin;  $T = 16,5$  tex



Obrázek 45 Vztah 2D porosity a prodyšnosti staplových PL tkanin;  $T = 40$  tex





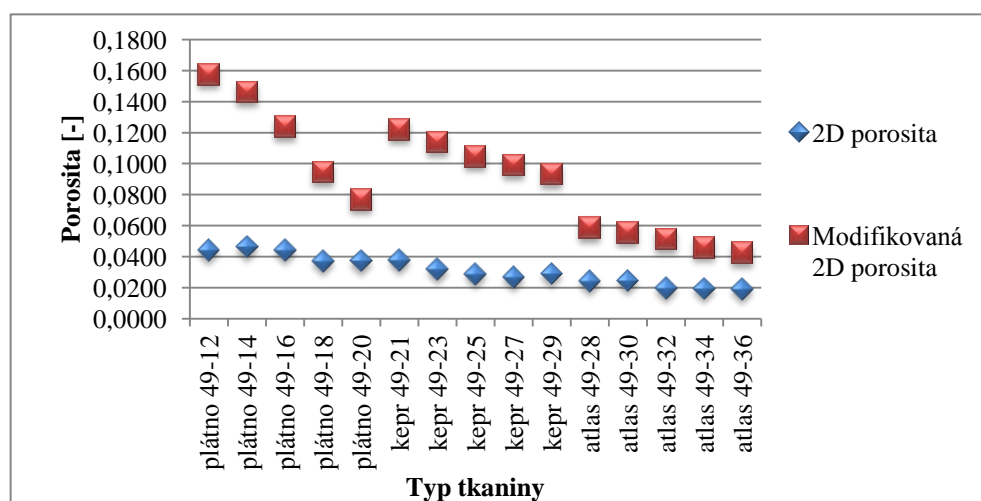
Obrázek 46 Vztah 2D porosity a prodyšnosti multifilových PA tkanin

### Diskuse

Při zjišťování vztahu plošné porosity a prodyšnosti experimentálních tkanin byly zjištěny velmi rozdílné výsledky jednotlivých sad. Tyto výsledky se však jeví jako velmi nepřesné a to i vzhledem ke skutečnosti, že tento způsob vyjádření porosity tkaniny zahrnuje pouze vliv dostavy a průměru osnovních a útkových nití a zcela zanedbává vliv vazby.

Pokud by se výrobci podařilo v případě staplových PL tkanin utkat tkaniny s deklarovanou stejnou dostavou osnovy a útku, plošná porosita by byla u všech tkanin stejná.

Obdobně v případě multifilových PA tkanin je z obrázku 47 patrná závislost plošné porosity na dostavě útku. Se stoupající dostavou útkových nití klesá porosita. Vliv vazby nelze u multifilových PA tkanin v případě plošné porosity prokázat.



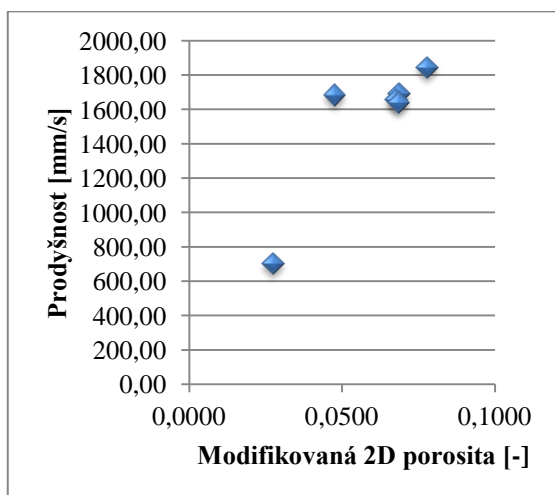
Obrázek 47 Porovnání 2D porosity a modifikované 2D porosity multifilových PA tkanin

### 6.3.3 Modifikovaná 2D porosita

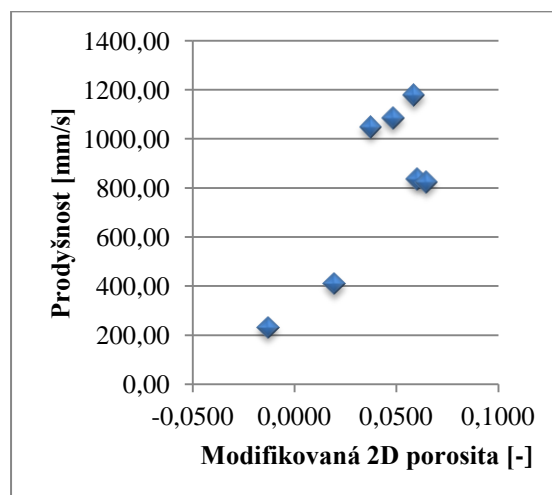
Modifikovaná 2D porosita zahrnuje do výpočtů vliv vazby a, jak vyplývá z obrázku 47, rozdíl hodnot modifikované 2D porosity nezpůsobuje pouze stoupající dostava útkových nití, ale i vazby tkanin. Na obrázku 47 jsou jasně vymezené 3 skupiny hodnot, přičemž každá skupina znázorňuje hodnoty modifikované 2D porosity tkanin s jedním typem vazby.

Pro výpočet plošné porosity modifikované Gooijerem v kapitole 4.4 bylo třeba vypočítat plochu jednotlivých typů pórů definovaných Gooijerem a dále spočítat počet jednotlivých typů pórů ve střídě vazby experimentálních tkanin. Na základě těchto výpočtů byla následně vypočítána hodnota porosity podle vztahu (32).

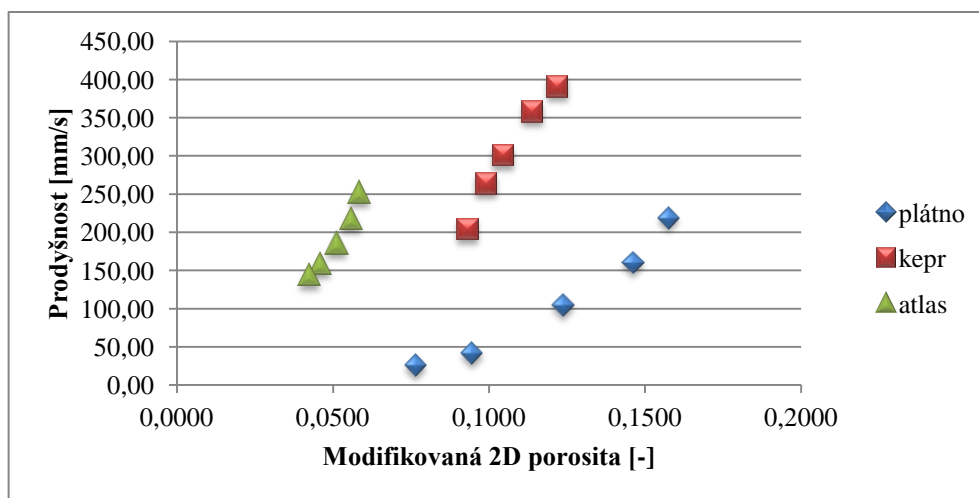
Počet a plocha jednotlivých pórů a hodnoty modifikované plošné porosity zohledňující opět pouze průměr nití v nezatkaném stavu jsou uvedeny v Příloze F *Modifikovaná plošná porosita* na přiloženém CD. Vztah 2D porosity na prodyšnosti experimentálních tkanin je znázorněna na obrázcích 48 – 50.



Obrázek 48 Vztah modifikované 2D porosity a prodyšnosti staplových PL tkanin; T = 16,5 tex



Obrázek 49 Vztah modifikované 2D porosity a prodyšnosti staplových PL tkanin; T = 40 tex



Obrázek 50 Vztah modifikované 2D porosity a prodyšnosti multifilových PA tkanin

### ***Diskuse***

Zjišťováním vlivu modifikované 2D porosity na prodyšnost experimentálních tkanin byla prokázána nejen závislost modifikované 2D porosity na prodyšnost, ale i znovu potvrzen vliv vazby tkaniny na prodyšnost.

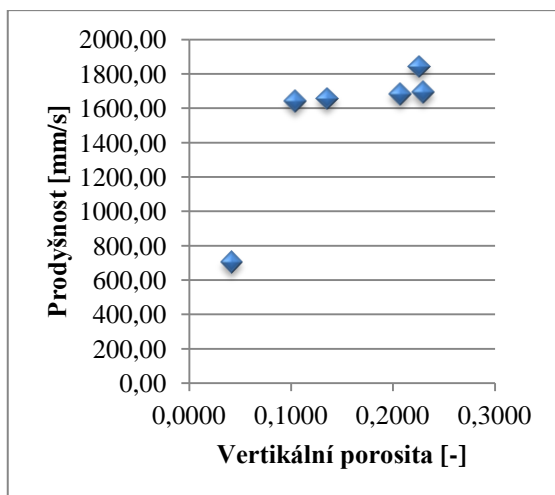
U staplových PL tkanin byla zjištěna kladná závislost modifikované 2D porosity na prodyšnost tkanin ( $\rho = 0,88$  pro staplové tkaniny s  $T = 16,5$  tex a  $\rho = 0,81$  pro staplové tkaniny s  $T = 40$  tex), ale i závislost na faktoru pevnosti zakřížení CFF a faktoru flotující nitě FYF (viz obrázky F 1, F 2, F 3 a F 4 v tištěné příloze *F Modifikovaná plošná porosita*). S rostoucím FYF stoupá modifikovaná 2D porosita i prodyšnost, zatímco s rostoucím CFF modifikovaná 2D porosita i prodyšnost klesá. Je zde tedy prokazatelný vliv vazby.

U multifilových PA tkanin byla v rámci skupin tkanin se stejným typem vazby rovněž zjištěna kladná závislost prodyšnosti na modifikované 2D porositě ( $\rho = 0,98$  pro plátňové tkaniny,  $\rho = 0,99$  pro keprové tkaniny a  $\rho = 0,98$  pro atlasové tkaniny). Byly však zaznamenány případy, kdy tkaniny s rozdílnou hodnotou modifikované 2D porosity dosahovaly přibližně stejných hodnot prodyšnosti. Jednalo se o tkaniny atlasové a keprové, kdy porosita atlasové tkaniny byla menší než porosita tkaniny keprové, ale dostava útkových nití atlasové tkaniny byla větší než dostava útku tkaniny keprové. Lze tedy předpokládat, že i v tomto případě je vliv dostavy útku větší než vliv porosity. I u multifilových PA tkanin byla prokázána závislost modifikované 2D porosity na faktoru pevnosti zakřížení CFF a faktoru flotující nitě FYF. Opět je zde prokazatelný vliv vazby.

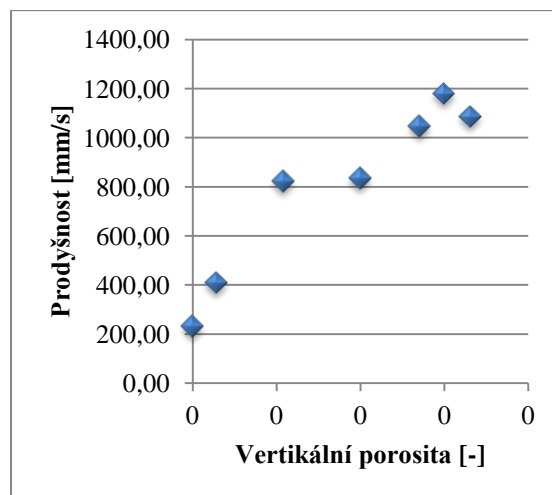
#### **6.3.4 Vertikální porosita**

Pro výpočet skutečné vertikální porosity experimentálních tkanin by bylo vhodné zjistit „druhý“ rozměr zploštělého deformovaného průměru nití, tedy zploštění nitě (viz kapitola 3.2 Deformace nití ve tkanině). Hodnoty tohoto zploštělého průměru však dosahovaly záporných hodnot, a proto v následujících výpočtech nebudou brány do úvahy. Vertikální porosita tak byla počítána pouze na základě znalosti nezatkaného průměru nití zjištěného na přístroji Uster.

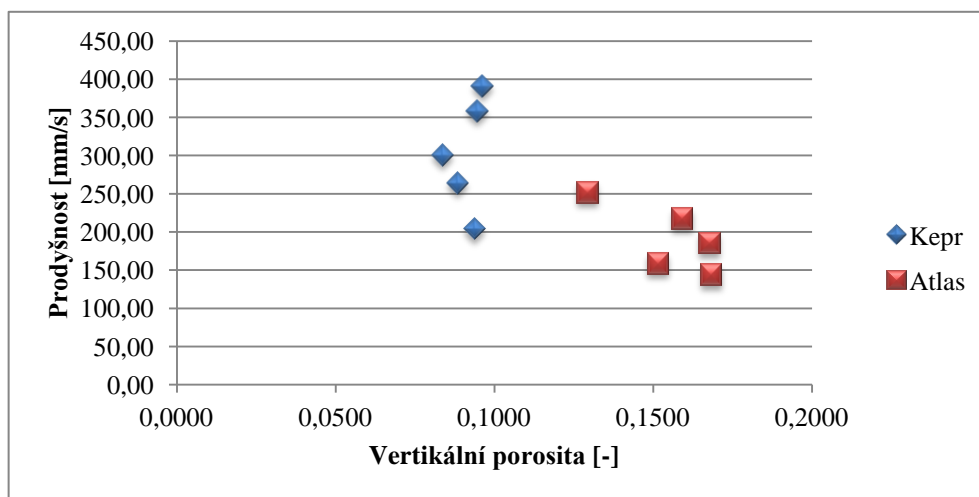
Hodnoty vertikální porosity experimentálních tkanin jsou uvedeny v tabulkách v Příloze *G Vertikální porosita* na přiloženém CD. Závislost vertikální porosity na prodyšnosti experimentálních tkanin je znázorněna na obrázcích 51 – 53.



Obrázek 51 Vztah vertikální porosity a prodyšnosti staplových PL tkanin; T = 16,5 tex



Obrázek 52 Vztah vertikální porosity a prodyšnosti staplových PL tkanin; T = 40 tex



Obrázek 53 Vztah vertikální porosity a prodyšnosti multifilových PA tkanin

### Diskuse

Při zjišťování vlivu vertikální porosity na prodyšnost staplových PL tkanin byla prokázána kladná závislost ( $\rho = 0,81$  pro tkaniny s  $T = 16,5$  tex,  $\rho = 0,94$  pro tkaniny s  $T = 40$  tex), tedy s rostoucí vertikální porositou stoupá prodyšnost tkanin. Je tedy patrné, že v případě staplových PL tkanin větší otevřený prostor ve vertikálním směru umožňuje proudění dalšího vzduchu, a tím zvyšuje celkovou prodyšnost tkaniny.

V případě multifilových tkanin byla prokázána mírná kladná závislost prodyšnosti na vertikální porositu u keprových tkanin ( $\rho = 0,32$ ), avšak silná záporná závislost prodyšnosti na vertikální porositu u atlasových tkanin ( $\rho = -0,73$ ). Tuto zápornou závislost, která odporuje chování staplových PL tkanin i keprových multifilových tkanin, lze opět přisoudit stoupající dostavě útkových nití. Navíc ani závislost prodyšnosti na vertikální porositu u keprových multifilových tkanin není tak silná jako u

staplových PL tkanin, což znamená, že i zde může hrát roli stoupající dostava útku. Opět se tedy ukázalo, že dostava má na prodyšnost větší vliv než vazba.

Vertikální porosita byla dále analyzována v závislosti na tloušťce tkanin. Vztah tloušťky a vertikální porosity experimentálních tkanin je znázorněn na obrázcích G 1, G 2 a G 3 v tištěné příloze *G Vertikální porosita*. Ukázalo se, že jak v případě staplových PL tkanin tak i v případě multifilových PA tkanin s rostoucí tloušťkou vertikální porosita stoupá. Korelační koeficienty dosahují kladných hodnot, konkrétně  $\rho = 0,9$  pro staplové tkaniny s  $T = 16,5$  tex,  $\rho = 0,94$  pro staplové tkaniny s  $T = 40$  tex,  $\rho = 0,76$  pro keprové multifilové tkaniny a  $\rho = 0,91$  pro atlasové multifilové tkaniny. Vliv tloušťky je více patrný u staplových PL tkanin než u multifilových PA tkanin. To znamená, že svou roli zde opět hraje ohybová tuhost použitých nití. Jak již bylo uvedeno v diskusi kapitoly 6.2.3 Tloušťka tkanin, díky vyšší ohybové tuhosti způsobuje zatčení staplové příze nárůst tloušťky tkaniny spolu s nárůstem otevřené plochy ve vertikálním směru. U multifilových PA tkanin je vliv ohybové tuhosti prokázáný též, ovšem díky nižší ohybové tuhosti multifilu není nárůst vertikální porosity v závislosti na tloušťce tkaniny tak velký jako v případě tkanin ze staplové příze, což bylo též diskutováno v kapitole 6.2.3 Tloušťka tkanin.

U multifilových tkanin byla dále analyzována závislost vertikální porosity na dostavě útku, což je znázorněno na obrázku G 4 v tištěné příloze *G Vertikální porosita*. Ukázalo se, že vertikální porosita keprových tkanin s rostoucí dostavou útku mírně klesá ( $\rho = -0,42$ ), zatímco vertikální porosita atlasových tkanin s rostoucí dostavou útku stoupá ( $\rho = 0,62$ ). Zde může vertikální porositu ovlivňovat posun sousedních útkových nití  $u$ . Jak uvádí Havrdová [26], v keprových vazbách jsou útkové nitě posunuté pouze o 1 vazný bod, což způsobuje, že vertikální póry se překrývají a vzniká tak méně otevřeného prostoru ve vertikálním směru. To je navíc umocněno právě stoupající dostavou útku. V atlasových vazbách jsou sousední útkové nitě posunuty o více vazných bodů, vertikální póry se nepřekrývají tolik jako u keprových vazeb a se stoupající dostavou útku se tak vytváří ještě více otevřeného prostoru ve vertikálním směru.

## 6.4 Prodyšnost

Cílem této části práce bylo naměřit hodnoty prodyšnosti experimentálních tkanin a tyto hodnoty porovnat s teoreticky vypočítanými a ověřit tak stávající modely pro výpočty prodyšnosti.

### 6.4.1 Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti

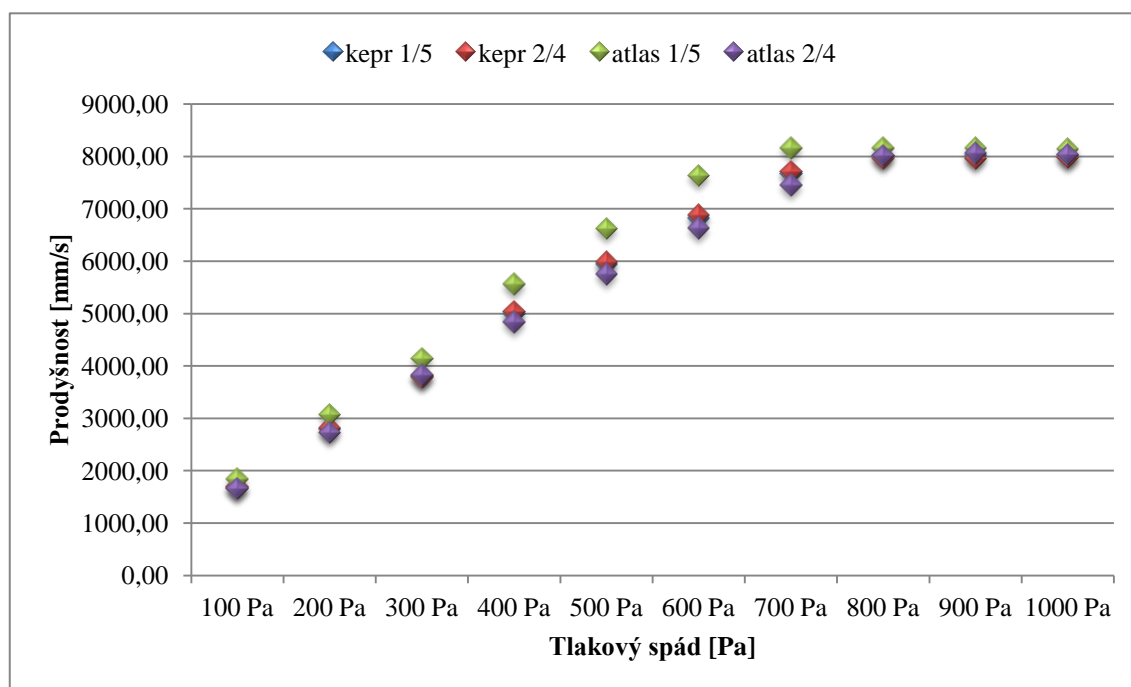
Prodyšnost experimentálních tkanin byla měřena na přístroji FX 3300 Air Permeability Tester III. Princip měření spočívá ve vytvoření tlakového rozdílu mezi oběma povrchy zkoušené textilie a měření takto vyvolaného průtoku vzduchu.

Standardní podmínky, které doporučuje norma ČSN EN ISO 9237 (80 0817) [34], měření jsou:

- Upínací plocha 20 cm<sup>2</sup>
- Tlakový spád  $\Delta p$  100 Pa pro oděvní textilie  
200 Pa pro technické textilie

Pro potřeby této práce byl standardní tlakový spád  $\Delta p$  upraven tak, že prodyšnost každé experimentální tkaniny byla postupně měřena při  $\Delta p$  100 Pa, 200 Pa, 300 Pa, 400 Pa, 500 Pa, 600 Pa, 700 Pa, 800 Pa, 900 Pa, 1000 Pa. Prodyšnost každé experimentální tkaniny byla měřena na 15-ti místech vždy minimálně 10 cm od kraje tkaniny. Aby bylo zajištěno objektivní hodnocení prodyšnosti, při měnícím se tlakovém spádu bylo měření prováděno vždy ve stejných bodech. Průměrné hodnoty prodyšnosti naměřené na FX 3300 jsou znázorněny na obrázcích 54 a 56 - 59. Statisticky zpracované hodnoty měření jsou součástí Přílohy H *Hodnoty naměřené prodyšnosti experimentálních tkanin* na přiloženém CD.

#### 6.4.1.1 PL tkaniny 16,5 tex



Obrázek 54 Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu staplových PL tkanin; T = 16,5 tex

Hodnoty prodyšnosti stoupající při rostoucím tlakovém spádu 1. sady staplových PL tkanin zobrazené na obrázku 54, ukazují, že prodyšnost tkanin stoupá v závislosti na stoupajícím tlakovém spádu ovšem pouze do tlakového spádu  $\Delta p = 800$  Pa, v případě tkaniny typu atlas 1/5 do tlakového spádu  $\Delta p = 700$  Pa. Po překročení tohoto tlakového

spádu se prodyšnost všech 4 experimentálních tkanin nemění, což vzhledem k předchozímu chování tkanin při nižších tlakových spádech nutí k zamyšlení.

Jelikož hodnoty prodyšnosti při tlakovém spádu  $\Delta p = 800$  Pa,  $\Delta p = 900$  Pa,  $\Delta p = 1000$  Pa neodpovídají růstu prodyšnosti v závislosti na stoupajícím tlakovém spádu, který vykazují ostatní 2 sady exp. tkanin, nabízí se úvaha, zda se jedná o skutečné hodnoty prodyšnosti, kterých tkaniny při těchto tlakových spádech dosahují.

Garantovaný měřicí rozsah přístroje FX 3300 je sice až 10 000 mm/s, ovšem otázkou je, zda lze takové hodnoty prodyšnosti na přístroji skutečně naměřit. Proto byly hodnoty prodyšnosti pro  $\Delta p = 800$  Pa,  $\Delta p = 900$  Pa,  $\Delta p = 1000$  Pa přepočítány na základě hodnot naměřených při  $\Delta p = 100$  Pa podle vztahů navržených Havrdovou [35]:

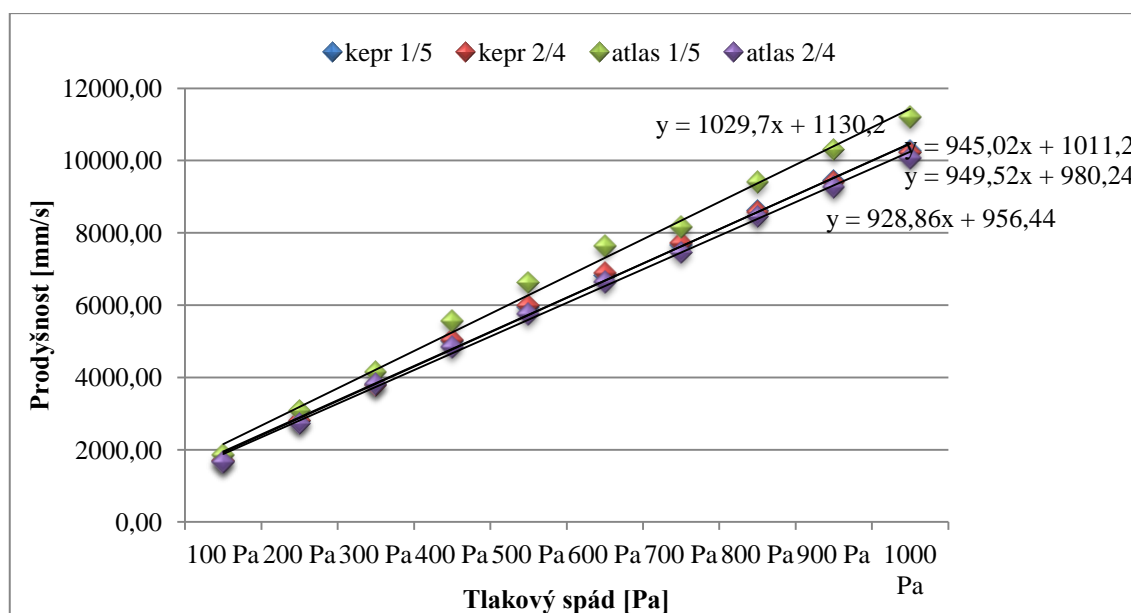
$$R_{\Delta p_2} = \exp \left[ \frac{\ln \Delta p_2}{\ln \Delta p_1} \cdot \ln AP_{\Delta p_1} - \frac{\ln \Delta p_2}{n \Delta p_1} \cdot \ln B + \ln B \right] \quad (57)$$

$$B = \frac{1}{\Delta p_1} (5,0581 + 1,8790 \cdot AP_{\Delta p_1}) - 0,2936 + 0,008454 \cdot AP_{\Delta p_1} \quad (58)$$

$\Delta p_1$  [Pa] je tlakový spád, při kterém byla experimentálně měřena prodyšnost,  $\Delta p_2$  [Pa] je tlakový spád, pro který je hodnota prodyšnosti počítána,  $AP_{\Delta p_1}$  [mm/s] je hodnota prodyšnosti experimentálně naměřena při  $\Delta p_1$ .

Vztahy byly nejdříve ověřeny na základně hodnot prodyšnosti při tlakovém spádu  $\Delta P = 500$  Pa, a protože hodnoty prodyšnosti experimentálně zjištěné a teoreticky vypočítané nebyly příliš rozdílné, vzorce byly použity pro výpočet prodyšnosti při tlakovém spádu  $\Delta P = 800$  Pa,  $\Delta P = 900$  Pa,  $\Delta P = 1000$  Pa, kdy byly experimentálně zjištěny problémové hodnoty.

Hodnoty prodyšnosti pro  $\Delta p = 800$  Pa,  $\Delta p = 900$  Pa,  $\Delta p = 1000$  Pa takto získané odpovídají růstu prodyšnosti v závislosti na stoupajícím tlakovém spádu, který vykazují ostatní 2 sady exp. tkanin, což je znázorněno na obrázku 55. Přímký v grafu znázorňuje trend nárůstu prodyšnosti jednotlivých tkanin této sady při stoupajícím tlakovém spádu. Čím větší je úhel sklonu těchto přímek, tím vyšší je nárůst prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu.



Obrázek 55 Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu staplových PL tkanin;  $T = 16,5$  tex upravené o přepočítané hodnoty prodyšnosti při tlakovém spádu 800 - 1000 Pa

### Diskuse

Mezi hodnotami prodyšnosti rostoucí při stoupajícím tlakovém spádu zobrazenými na obrázku 55 je patrný rozdíl v nárůstu prodyšnosti jednotlivých tkanin při rostoucím tlakovém spádu.

Nejvýraznější nárůst prodyšnosti nastává u tkaniny typu atlas 1/5, který má sice stejný faktor flotující nitě, jako tkaniny typu kepr 1/5 a kepr 2/4, ovšem má vyšší hodnotu posunu sousedních útkových nití  $u$ . Nárůst prodyšnosti tkanin typu kepr 1/5 a kepr 2/4 je téměř stejný, avšak menší než u tkaniny atlas 1/5, což ovlivňuje i menší hodnota posunu sousedních útkových nití  $u$ . Nejnižší nárůst prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu nastává u tkaniny typu atlas 2/4, který má sice vyšší hodnotu posunu sousedních útkových nití, ale nižší faktor flotující nitě, než tkaniny kepr 1/5 a kepr 2/4. Je zde tedy patrný vliv faktoru flotující nitě  $FYF$  na nárůst prodyšnosti i vliv posunutí sousedních útkových nití  $u$ . Ukázalo se však, že vliv faktoru flotující nitě je silnější než vliv posunu sousedních útkových nití.

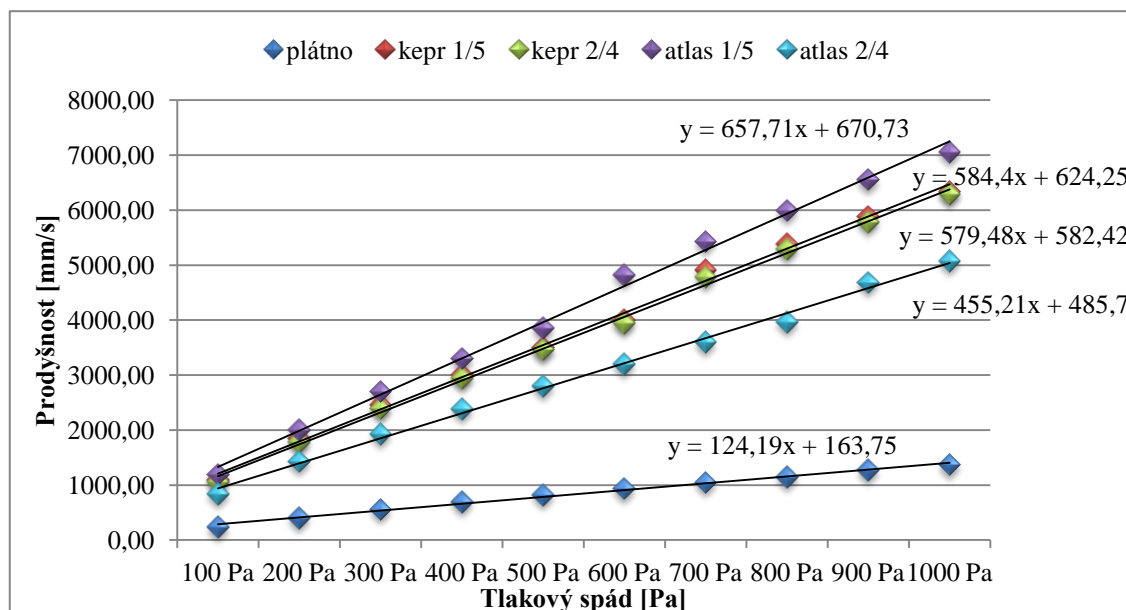
Nárůst prodyšnosti při rostoucím tlakovém spádu ovlivňuje i další parametr vazby faktor pevnosti zakřížení  $CFF$ . Ukázalo se (viz obrázek 55 a tabulka 6), že se stoupajícím faktorem pevnosti zakřížení klesá sklon přímky, tedy nárůst prodyšnosti při rostoucím tlakovém spádu.

#### 6.4.1.2 PL tkaniny 40 tex

Na obrázku 56 jsou znázorněny průměrné hodnoty prodyšnosti jednotlivých tkanin této sady. Přímky v grafu znázorňují trend nárůstu prodyšnosti jednotlivých tkanin při



stoupajícím tlakovém spádu. Čím větší je úhel sklonu těchto přímk, tím vyšší je nárůst prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu.



Obrázek 56 Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu staplových PL tkanin;  $T = 40 \text{ tex}$

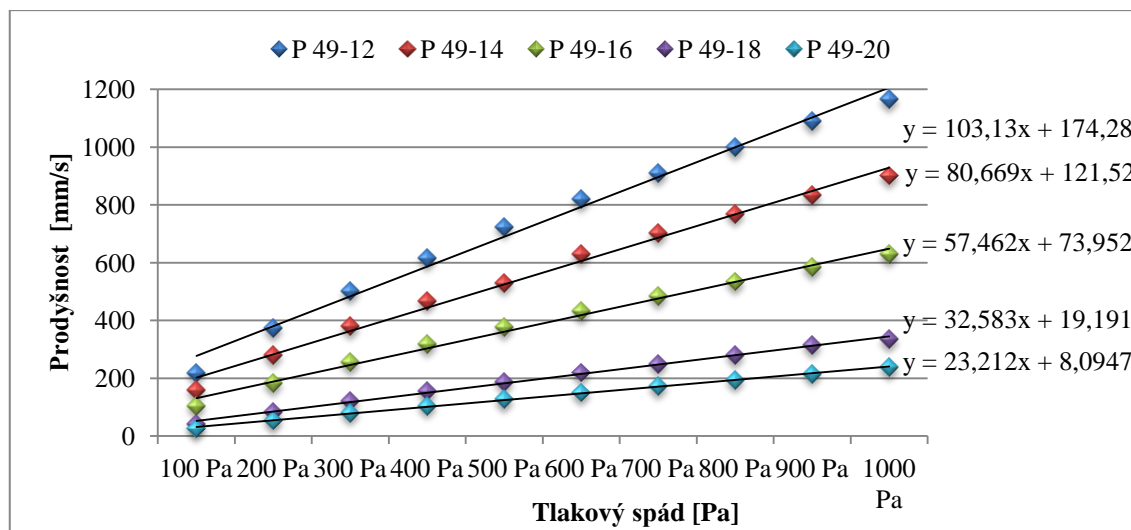
### Diskuse

Z obrázku 56 je patrné, že nárůst prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu má stejný charakter jako v případě staplových PL tkanin s jemností příze  $T = 16,5 \text{ tex}$ . V této sadě experimentálních tkanin se navíc objevila i plátňová tkanina, která skutečnosti diskutované u sady staplových PL tkanin s jemností příze  $T = 16,5 \text{ tex}$  ještě zdůrazňuje. Hodnoty i nárůst prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu silně ovlivňuje hodnota faktoru pevnosti zakřížení a absence flotujících úseků, tedy nulová hodnota faktoru flotující nitě.

#### 6.4.1.3 PA tkaniny 22 tex

U sady multifilových PA tkanin nelze sledovat pouze vliv vazby na prodyšnost tkaniny, ale je nutné zahrnout i vliv stoupající dostavy útku. Proto budou dále analyzovány oba dva tyto vlivy.

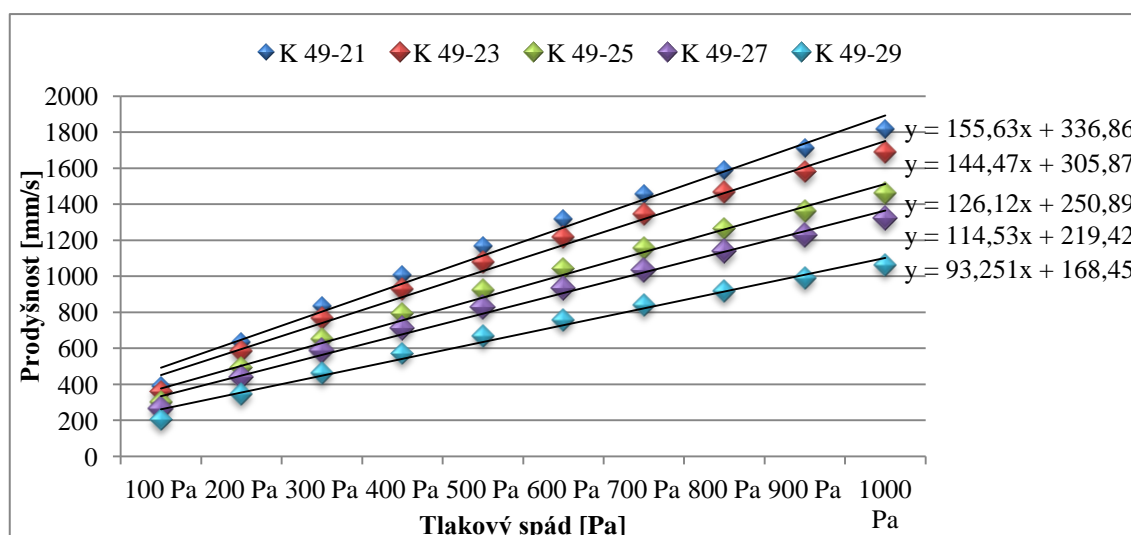
Na obrázku 57 jsou znázorněny průměrné hodnoty prodyšnosti jednotlivých plátňových tkanin 3. sady. Přímký v grafu znázorňují trend nárůstu prodyšnosti jednotlivých tkanin při stoupajícím tlakovém spádu. Čím větší je úhel sklonu těchto přímk, tím vyšší je nárůst prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu.



Obrázek 57 Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu plátňových multifilových PA tkanin

U plátňových tkanin multifilových tkanin, jejichž prodyšnost je znázorněna na obrázku 57, byl zaznamenán nejmenší sklon přímek, tedy nejnižší nárůst prodyšnosti v závislosti na stoupajícím tlakovém spádu. Dále ovšem byly zaznamenány největší rozdíly mezi hodnotami prodyšnosti v závislosti na stoupající dostavě útku.

Na obrázku 58 jsou znázorněny průměrné hodnoty prodyšnosti jednotlivých keprových tkanin 3. sady. Přímky v grafu znázorňují trend nárůstu prodyšnosti jednotlivých tkanin při stoupajícím tlakovém spádu. Čím větší je úhel sklonu těchto přímek, tím vyšší je nárůst prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu.

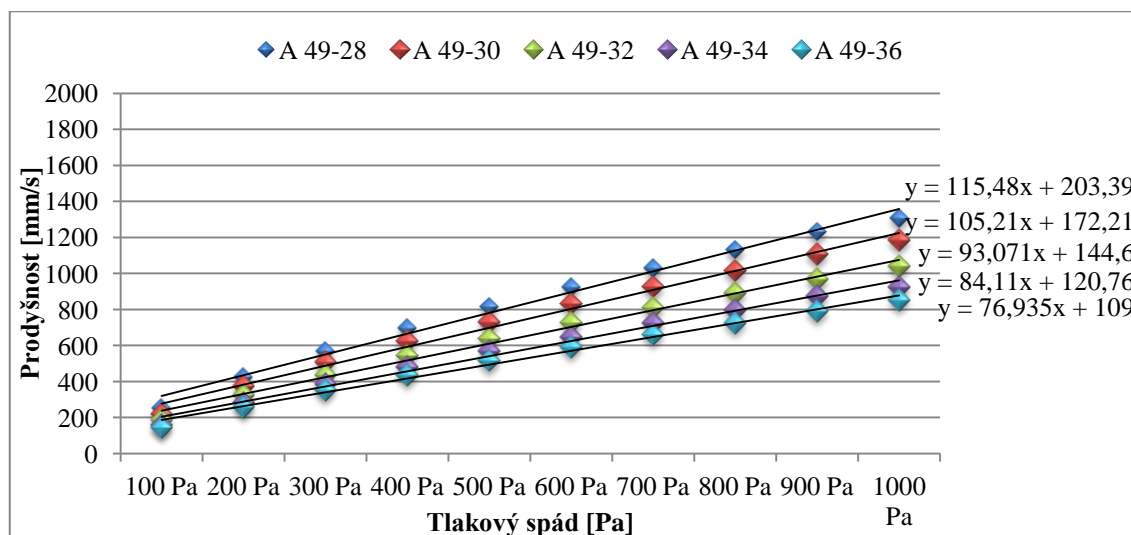


Obrázek 58 Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu keprových multifilových PA tkanin

U keprových multifilových tkanin, jejichž prodyšnost je znázorněna na obrázku 58, byl zaznamenán největší sklon přímek, tedy největší nárůst prodyšnosti v závislosti na

rostoucím tlakovém spádu, ovšem ne tak výrazné rozdíly mezi hodnotami prodyšnosti v závislosti na stoupající dostavě útku jako u tkanin plátňových.

Na obrázku 59 jsou znázorněny průměrné hodnoty prodyšnosti jednotlivých atlasových tkanin 3. sady. Přímky v grafu znázorňují trend nárůstu prodyšnosti jednotlivých tkanin při stoupajícím tlakovém spádu. Čím větší je úhel sklonu těchto přímek, tím vyšší je nárůst prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu.



Obrázek 59 Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu atlasových multifilových PA tkanin

U atlasových multifilových tkanin, jejichž prodyšnost je znázorněna na obrázku 59, byl zaznamenán menší sklon přímek než u keprových tkanin, tedy menší nárůst prodyšnosti v závislosti na stoupajícím tlakovém spádu. Dále však byly zaznamenány vůbec nejmenší rozdíly mezi hodnotami prodyšnosti v závislosti na stoupající dostavě útku.

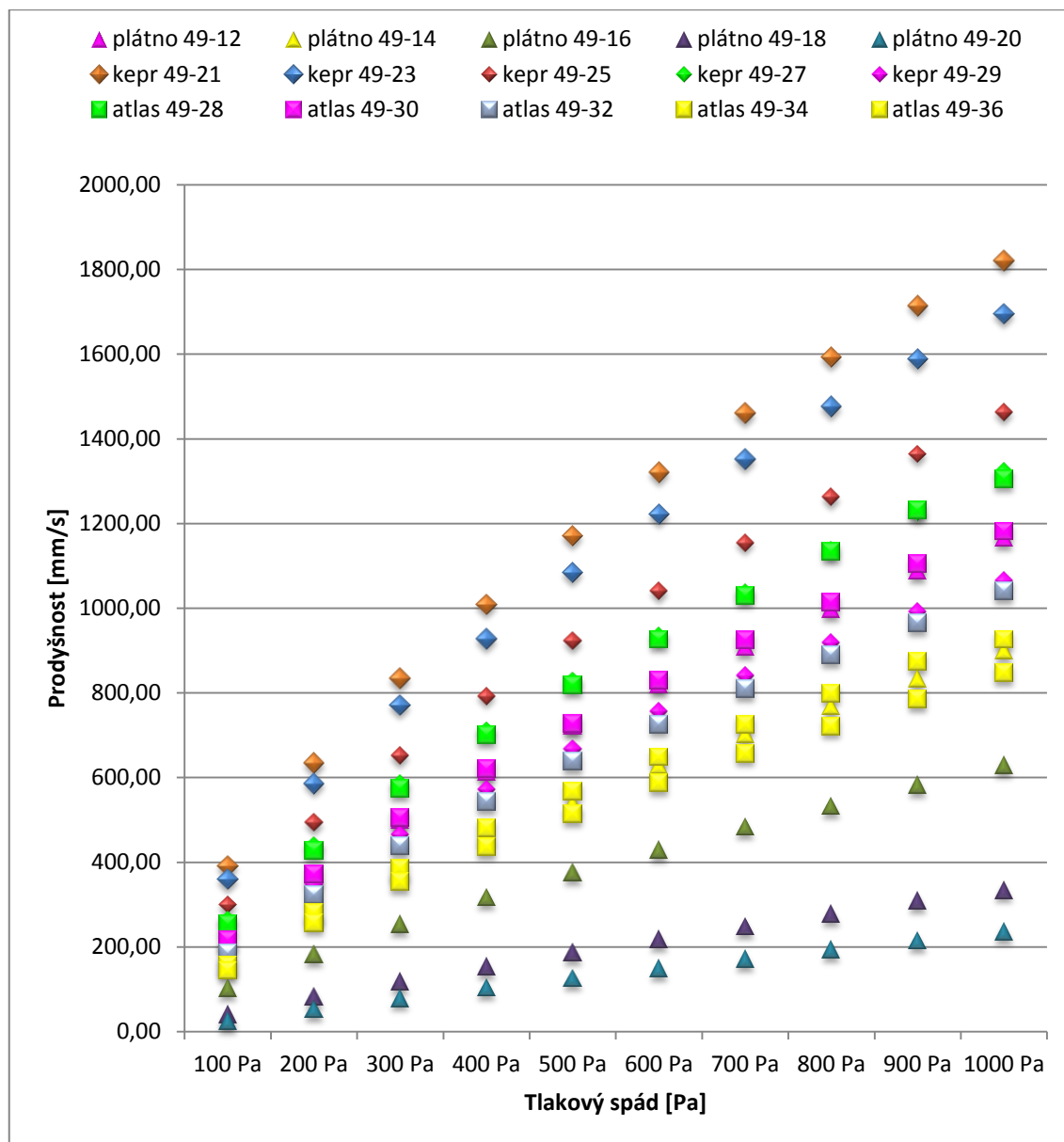
Přehledné porovnání nárůstu prodyšnosti multifilových PA tkanin měnící se v závislosti na dostavě útku a tlakovém spádu je v tabulce 8.

Tabulka 8 Nárůst prodyšnosti v závislosti na měnícím se tlakovém spádu a měnící se dostavě útku

vazba	Nárůst prodyšnosti v závislosti na měnícím se tlakovém spádu	Nárůst prodyšnosti v závislosti na měnící se dostavě útku	Vertikální porosita
Plátno	nejnižší	nejvyšší	žádná
kepr	nejvyšší	-	nižší
atlas	-	nejnižší	vyšší

**Diskuse**

Shrnutí hodnot prodyšnosti celé sady multifilových PA tkanin (viz obrázek 60) je sice dosti nepřehledné, ale poskytuje zajímavé úkazy.



**Obrázek 60** Experimentálně naměřené hodnoty prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu celé sady multifilových PA tkanin

Tkaniny typu P 49 - 12, K 49 - 29 a A 49 - 30 (v obrázku 60 vyznačené fialovou barvou) dosahují velmi podobných hodnot prodyšnosti (konkrétní hodnoty při  $\Delta p = 100$  Pa  $AP_{P\ 49-12} = 218,73$  mm/s,  $AP_{K\ 49-29} = 204,08$  mm/s,  $AP_{A\ 49-30} = 217,27$  mm/s,  $\overline{AP}_{100\ Pa} = 213,36$  mm/s,  $\sigma_{100\ Pa} = 6,59$  mm/s; konkrétní hodnoty při  $\Delta p = 1000$  Pa  $AP_{P\ 49-12} = 1166,36$  mm/s,  $AP_{K\ 49-29} = 1065,45$  mm/s,  $AP_{A\ 49-30} = 1181,82$  mm/s;  $\overline{AP}_{1000\ Pa} = 1137,88$  mm/s,  $\sigma_{1000\ Pa} = 51,6$  mm/s), přestože parametry vazby udávají velké rozdíly mezi jednotlivými typy tkanin. V celé sadě multifilových PA tkanin lze najít více

takových podobností, konkrétně u trojice tkanin P 49 - 14, A 49 - 34 a A 49 - 36 (v obrázku 60 vyznačené žlutou barvou; konkrétní hodnoty při  $\Delta p = 100 \text{ Pa}$   $AP_{P 49-14} = 159,91 \text{ mm/s}$ ,  $AP_{A 49-34} = 158,25 \text{ mm/s}$ ,  $AP_{A 49-36} = 144,18 \text{ mm/s}$ ,  $\overline{AP}_{100 \text{ Pa}} = 154,11 \text{ mm/s}$ ,  $\sigma_{100 \text{ Pa}} = 7,06 \text{ mm/s}$ ; konkrétní hodnoty při  $\Delta p = 1000 \text{ Pa}$   $AP_{P 49-14} = 900,38 \text{ mm/s}$ ,  $AP_{A 49-34} = 926,65 \text{ mm/s}$ ,  $AP_{A 49-36} = 847,64 \text{ mm/s}$ ,  $\overline{AP}_{1000 \text{ Pa}} = 891,53 \text{ mm/s}$ ,  $\sigma_{1000 \text{ Pa}} = 32,8 \text{ mm/s}$  při  $\Delta p = 1000 \text{ Pa}$ ) a u dvojice tkanin typu K 49 - 27 a A 49 - 28 (v obrázku 60 vyznačené sytou zelenou barvou; konkrétní hodnoty při  $\Delta p = 100 \text{ Pa}$   $AP_{K 49-27} = 263,27 \text{ mm/s}$ ,  $AP_{A 49-28} = 253,91 \text{ mm/s}$ ,  $\overline{AP}_{100 \text{ Pa}} = 258,59 \text{ mm/s}$ ,  $\sigma_{100 \text{ Pa}} = 4,68 \text{ mm/s}$ ; konkrétní hodnoty při  $\Delta p = 1000 \text{ Pa}$   $AP_{K 49-27} = 1323,64 \text{ mm/s}$ ,  $AP_{A 49-28} = 1305,45 \text{ mm/s}$ ,  $\overline{AP}_{1000 \text{ Pa}} = 1314,55 \text{ mm/s}$ ,  $\sigma_{1000 \text{ Pa}} = 9,09 \text{ mm/s}$  při  $\Delta p = 1000 \text{ Pa}$ ). Je tedy prokazatelné, že s rozdílem dostavy útkových nití se vliv vazby ztrácí. Vliv je tedy vnímán jako silnější.

Zaměří-li se pozornost na tkaniny typu K 49 - 29 a A 49 - 28, kde rozdíl v dostavě útku je pouze 1 nit/cm, ukáže se jako významnější vliv vazby. Keprová tkanina s vyšším faktorem pevnosti zakřížení a nižším faktorem flotující nitě i nižší hodnotou posunu sousedních útkových nití dosahuje nižších hodnot prodyšnosti než atlasová tkanina s nižším faktorem pevnosti zakřížení a vyšším faktorem flotující nitě i vyšší hodnotou posunu sousedních útkových nití. Při porovnání tkaniny A 49 - 28 s druhou nejhustěji dostavenou keprovou tkaninou K 49 - 27 se ale vliv vazby tkaniny ztrácí, přestože se stále jedná o rozdíl v dostavě útkových nití pouze 1 nit/cm. V případě porovnání tkaniny A 49 - 28 s tkaninou K 49 - 25, kde rozdíl v dostavě útkových nití činí už 3 nitě/cm, vliv vazby zcela mizí a projevuje se spíše vliv dostavy.

Při hodnocení prodyšnosti multifilových PA tkanin byl zkoumán také vliv vertikální porosity na prodyšnost. Bylo zjištěno, že vertikální porosita atlasových tkanin je vyšší než vertikální porosita keprových tkanin, avšak nárůst prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu byl u keprových tkanin vyšší než u atlasových. Atlasové tkaniny obsahují delší flotáže a tedy i větší vertikální póry, a proto by se dalo předpokládat, že v jejich vertikálním směru projde větší množství vzduchu než v případě keprových tkanin. Tento předpoklad však potvrzen nebyl. Naopak spíše byl znova prokázán větší vliv dostavy.

#### 6.4.2 Vypočítaná prodyšnost

Teoretickými modely, prostřednictvím, kterých by bylo možné predikovat prodyšnost tkanin, se zabývalo již několik autorů [29, 31]. Hlavními parametry těchto modelů jsou průměr pórů ve tkanině a jejich počet na jednotku tkaniny, tloušťka tkaniny, viskozita vzduchu a tlakový spád.

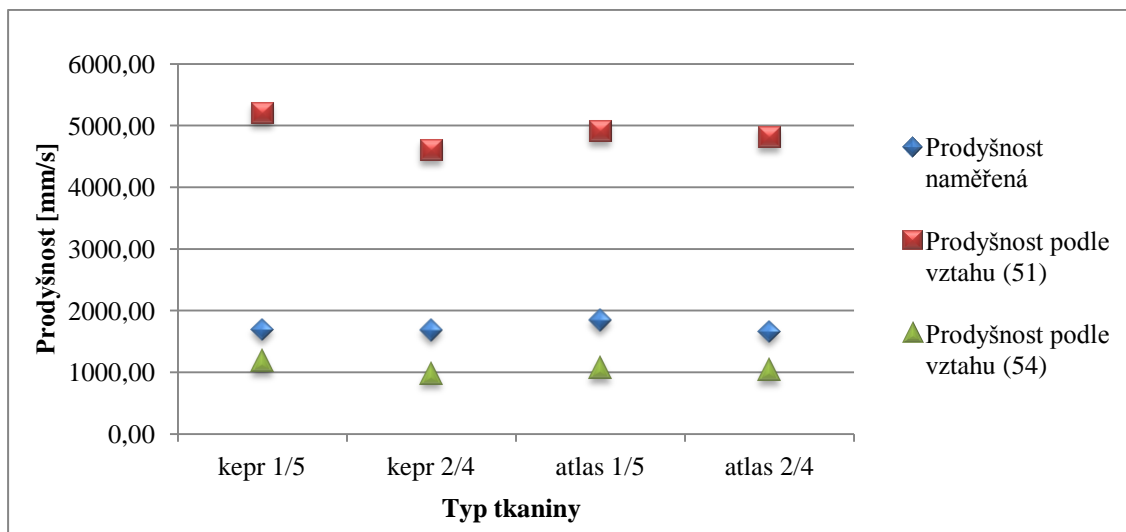
V následujícím textu budou porovnány teoretické hodnoty prodyšnosti experimentálních tkanin s hodnotami experimentálně zjištěnými.

Do vztahů (51) a (54) pro výpočet teoretické hodnoty prodyšnosti experimentálních tkanin byly dosazeny hodnoty průměru nedeformovaných nití naměřené na přístroji USTER, jelikož hodnoty průměru deformovaných osnovních a útkových nití jsou pouze orientačního charakteru.

Jelikož se jedná o rozsáhlý soubor dat, pro ukázkou budou uvedeny pouze hodnoty teoreticky vypočítané prodyšnosti poukazující na rozdíl mezi výpočty prodyšnosti tkanin ze staplových přízí a tkanin z multifilu. Kompletní soubor hodnot teoreticky vypočítané prodyšnosti při  $\Delta p = 100 \text{ Pa} - \Delta p = 1000 \text{ Pa}$  všech experimentálních tkanin je v příloze I *Hodnoty teoreticky vypočítané prodyšnosti* na přiloženém CD.

**Tabulka 9** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 100 Pa

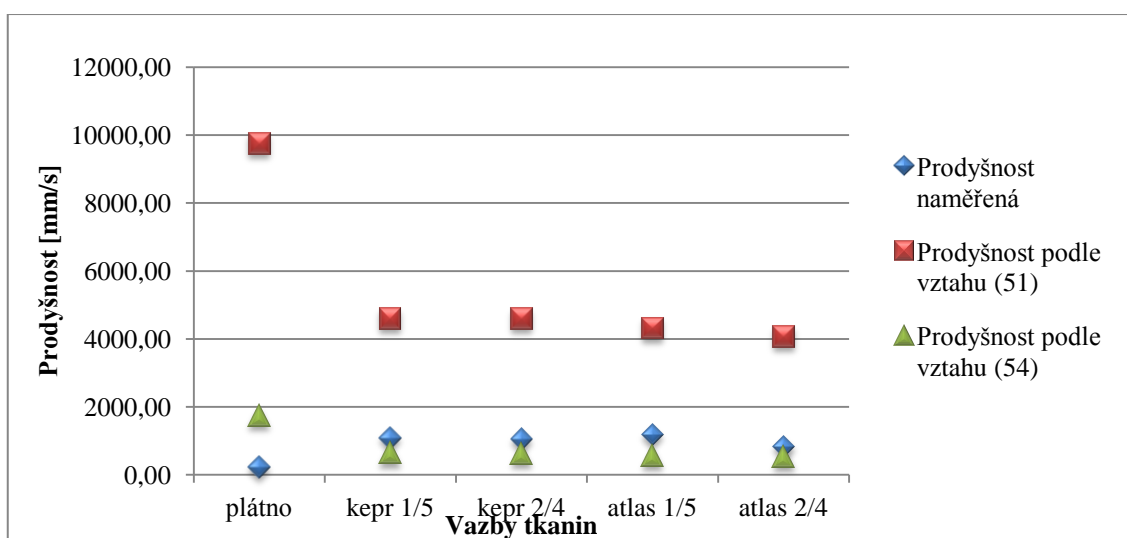
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	1692,00	5203,49	1177,17
kepr 2/4	1682,00	4603,03	971,43
atlas 1/5	1842,67	4908,31	1069,17
atlas 2/4	1656,67	4812,73	1028,69



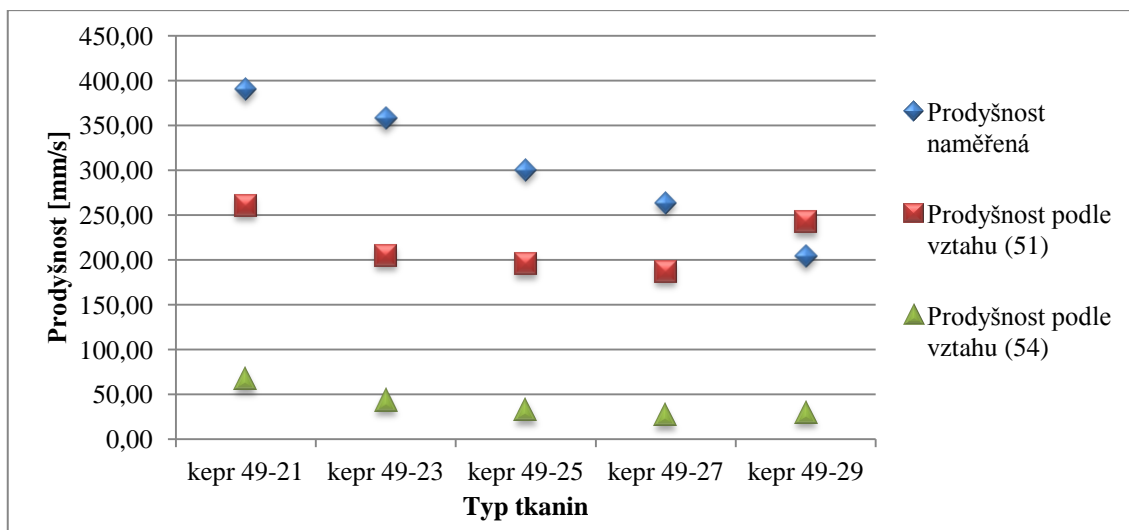
**Obrázek 61** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 100 Pa

**Tabulka 10** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 100 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	230,67	9742,64	1737,68
kepr 1/5	1085,33	4605,62	638,04
kepr 2/4	1047,47	4601,71	616,61
atlas 1/5	1178,67	4317,45	562,12
atlas 2/4	834,87	4062,13	528,05

**Obrázek 62** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 100 Pa**Tabulka 11** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 100 Pa

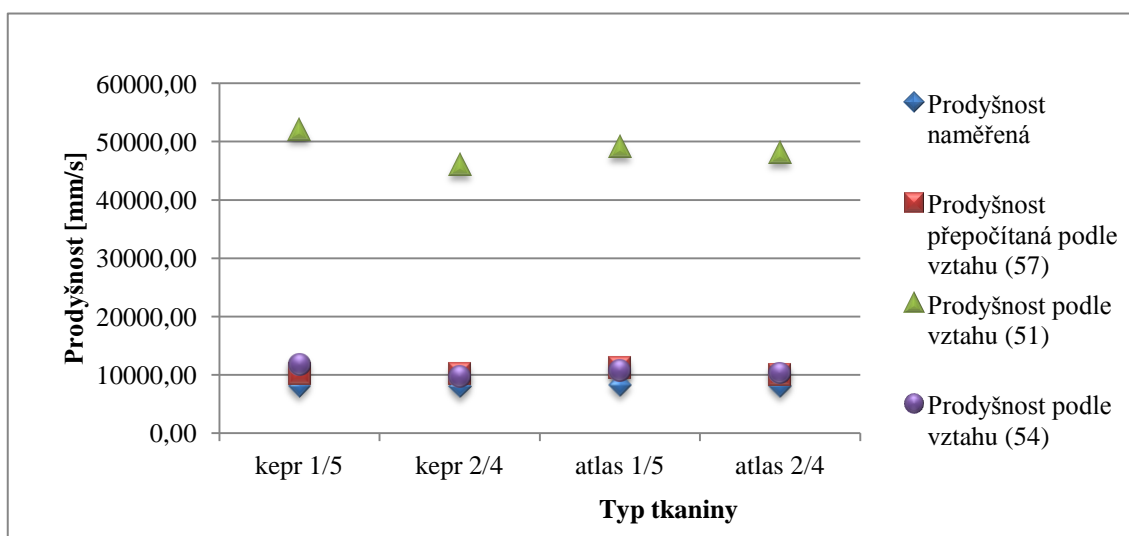
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 49-21	390,60	260,32	6,87
kepr 49-23	358,07	204,80	42,99
kepr 49-25	300,60	195,47	32,17
kepr 49-27	263,73	186,88	26,46
kepr 49-29	204,07	242,38	29,48



Obrázek 63 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 100 Pa

Tabulka 12 Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené, prodyšnosti přepočítané podle vztahu (57) a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 1000 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost přepočítaná podle vztahu (57) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	8015,33	10260,47	52034,90	11771,66
kepr 2/4	7968,67	10219,38	46030,33	9714,27
atlas 1/5	8145,33	11194,94	49083,12	10691,72
atlas 2/4	8034,00	<b>10060,93</b>	48127,35	<b>10286,93</b>

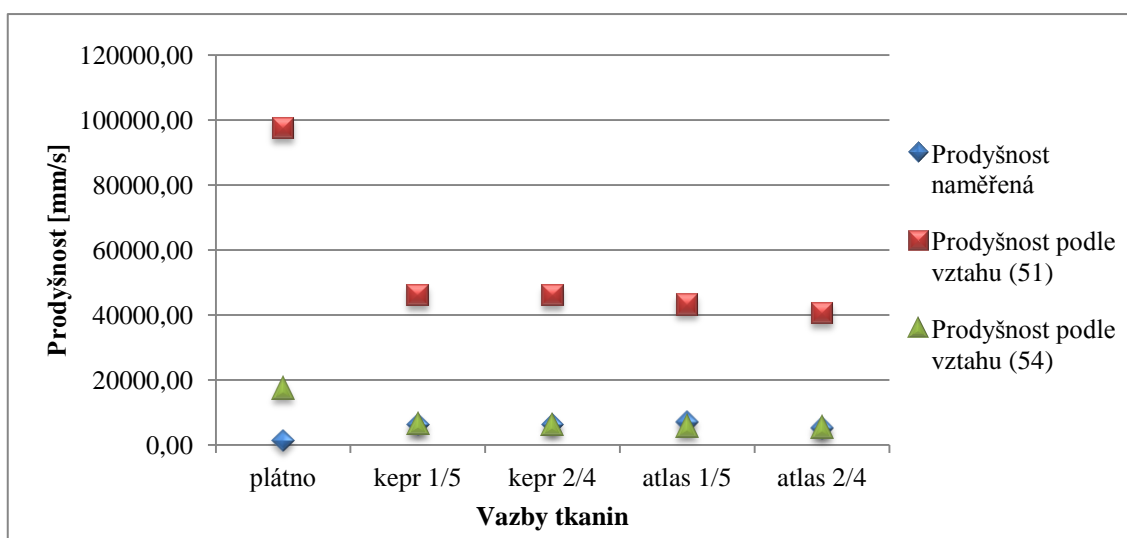


Obrázek 64 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené, přepočítané podle vztahu (57) a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 1000 Pa

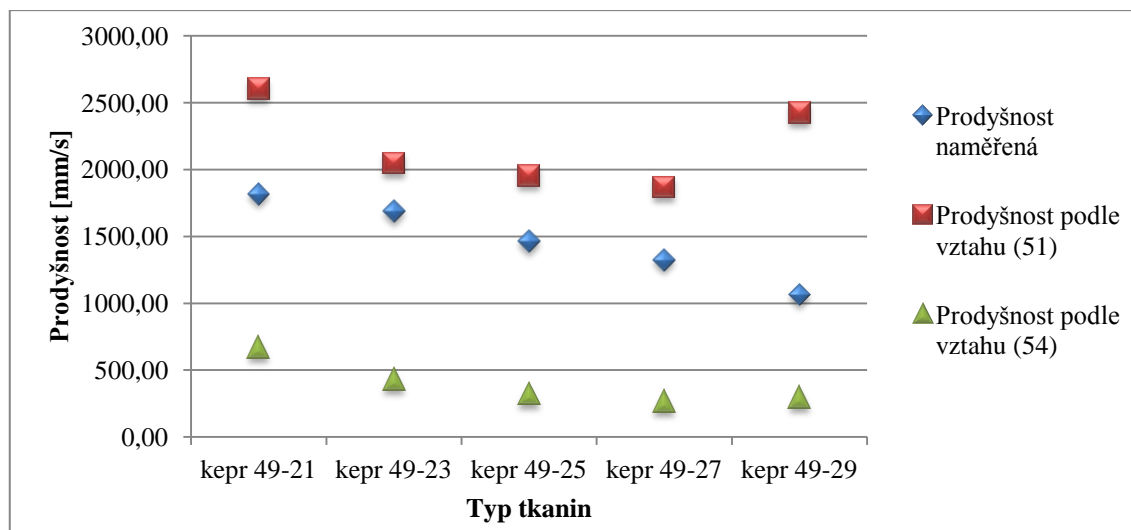


**Tabulka 13** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 1000 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	1366,00	97426,43	17376,80
kepr 1/5	<b>6323,33</b>	46056,16	<b>6380,39</b>
kepr 2/4	<b>6258,00</b>	46017,10	<b>6166,12</b>
atlas 1/5	7018,00	43174,50	5621,15
atlas 2/4	<b>5060,00</b>	40621,30	<b>5280,47</b>

**Obrázek 65** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 1000 Pa**Tabulka 14** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 1000 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 49-21	1818,67	2603,2	668,67
kepr 49-23	1687,33	2048,05	429,92
kepr 49-25	1462,67	1954,66	321,67
kepr 49-27	1323,33	1868,75	264,61
kepr 49-29	1062,67	2423,77	294,83



Obrázek 66 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 1000 Pa

### Diskuse

Jak je vidět z obrázků 61 – 66 a tabulek 9 – 14, vybrané modely pro predikci prodyšnosti nelze aplikovat zároveň na tkaniny ze staplové PL příze a zároveň i na tkaniny z PA multifilu.

V případě tkanin ze staplové PL příze se ukázalo (viz obrázky 61 a 62 a tabulky 9 a 10), že hodnoty prodyšnosti vypočítané podle vztahu (54) se hodnotám prodyšnosti experimentálně naměřené blíží mnohem více než hodnoty prodyšnosti vypočítané podle vztahu (51). Se stoupajícím tlakovým spádem se pak hodnoty prodyšnosti vypočítané podle vztahu (54) čím dál více přibližují hodnotám prodyšnosti experimentálně naměřené, což je zvláště patrné u tkanin ze staplové PL příze s jemností nití  $T = 40$  tex (viz obrázek 65 a tabulka 13). U tkanin ze staplové PL příze s jemností nití  $T = 16,5$  tex hodnoty prodyšnosti vypočítané podle vztahu (54) opět poukazují na chybu měřicího přístroje, jelikož tyto hodnoty prodyšnosti se při vyšších tlakových spádech mnohem více podobají hodnotám prodyšnosti přepočítané podle vztahu (57) než hodnotám prodyšnosti experimentálně naměřené (viz obrázek 64 a tabulka 12).

V případě tkanin z PA multifilu se ukázalo (viz obrázky 63 a 66 a tabulky 11 a 14), že hodnoty prodyšnosti vypočítané podle vztahu (51) se hodnotám prodyšnosti experimentálně naměřené blíží mnohem více než hodnoty prodyšnosti vypočítané podle vztahu (54), tedy zcela opačně, než u tkanin ze staplové PL příze.

Ukázalo se tedy, že pro predikci prodyšnosti tkanin z staplových přízí vyhovuje spíše vztahu (54), tedy predikční model podle Kulichenka, zatímco pro predikci prodyšnosti tkanin z multifilu vyhovuje spíše vztah (51), tedy Ogulatův predikční model.

V souvislosti s vybranými predikčními modely byl proveden pokus navrhnout nový predikční model pro teoretické výpočty prodyšnosti, který by byl vhodný zároveň pro tkaniny ze staplové příze a zároveň pro tkaniny z multifilu. Z důvodů rozdílné charakteristiky a rozdílného chování staplové příze a multifilu (viz kapitoly 3.1.3.4 Chlupatost, 3.1.3.5 Zákrut, 3.2.1 Vliv ohybové tuhosti nití na jejich deformaci a 6.2.5 Průměr osnovních a útkových nití) i rozdílného chování tkanin ze staplové příze a tkanin z multifilu (viz kapitola 6.2.3 Tloušťka tkanin) se však lze domnívat, že univerzální model pro predikci prodyšnosti zkonstruovat nelze.

## 7 ZÁVĚR

Cílem a podstatou diplomové práce byla analýza vazby tkanin ve vztahu k jejich prodyšnosti a analýza prodyšnosti tkanin v závislosti na měnícím se tlakovém spádu.

V rešeršní části byla shrnuta struktura nití, přičemž pozornost byla zaměřena především na parametry ovlivňující prodyšnost tkaniny, tedy jemnost, průměr, zaplnění, zákrut a chlupatost. V souvislosti se strukturou nití byly definovány rozdíly mezi staplovou přízí a multifilem a to i z hlediska deformace průřezu způsobené zatknutím nitě do tkaniny. Následovalo shrnutí struktury tkaniny, přičemž pozornost byla opět zaměřena na parametry ovlivňující prodyšnost tkaniny. Těmito parametry byly dostava osnovy a útku, vazba, tloušťka tkaniny, plošná hmotnost, zakrytí a porosita. Porosita tkaniny je parametr úzce spjatý s prodyšností, a proto jí byla věnována samostatná kapitola, ve které bylo uvedeno hned několik způsobů, jak porositu tkaniny vyjádřit. Objemová definice porosity, definice porosity z měrných objemových hmotností a klasická plošná definice porosity jsou způsoby zcela zanedbávající vliv vazby tkaniny. Modifikovaná plošná porosita a vertikální porosita jsou způsoby, které vedle počtu a velikosti pórů zahrnují i jejich tvar a rozmístění ve tkanině. Samostatná kapitola byla věnována také prodyšnosti, která je ústředním tématem této diplomové práce. V této kapitole bylo vedle definice prodyšnosti uvedeno i několik způsobů, jak lze prodyšnost teoreticky vyjádřit.

Pro experimentální část diplomové práce byly k dispozici 3 sady experimentálních tkanin, 2 sady tkanin ze staplové polyesterové příze a 1 sada tkanin z polyamidového multifilu. U tkanin byla nejprve analyzována jejich struktura, následně byla počítána jejich porosita a nakonec byla analyzována jejich prodyšnost naměřená na přístroji FX 3300 při tlakovém spádu  $\Delta p = 100 \text{ Pa} - 1000 \text{ Pa}$ , která byla dále porovnána s prodyšností vypočítanou podle teoretických modelů.

V rámci analýzy struktury experimentálních tkanin byla ověřována dostava osnovy a útku a zkoumány vazba, tloušťka a plošná hmotnost tkanin a vztah těchto parametrů k prodyšnosti. Orientačně byla zkoumána i deformace průřezu osnovních a útkových nití. Při ověřování dostavy (viz kapitola 6.2.1 Dostava osnovy a útku) bylo zjištěno, že původního záměru výrobce utkat sadu tkanin ze staplové PL příze o stejné dostavě osnovy a útku se nepodařilo dosáhnout ani u tkanin s jemností nití  $T = 16,5 \text{ tex}$ , ani u tkanin s jemností nití  $T = 40 \text{ tex}$ . Výsledky dalšího zkoumání tak mohly být zkresleny právě rozdílnými hodnotami dostavy osnovy a útku. Ani u 3. sady tkanin z PA multifilu nebylo úplně dosaženo záměru utkat tkaniny se stejnou dostavou osnovy a dostavou útku stoupající po 2 nitích/cm. Tyto rozdíly mezi skutečnou dostavou útku a dostavou udanou výrobcem nebyly tak výrazné a výsledky dalšího zkoumání příliš nezkreslovaly. Analýzou dalších strukturních parametrů byla v případě tkanin ze staplové PL příze zjištěna kladná korelace mezi faktorem flotující nitě *FYF* a prodyšností ( $\rho = 0,38$ ;

$\rho = 0,8$ ) a mezi tloušťkou a prodyšností ( $\rho = 0,95$ ;  $\rho = 0,92$ ) a záporná korelace mezi faktorem pevnosti zakřížení *CFF* a prodyšností ( $\rho = -0,76$ ;  $\rho = -0,96$ ) a mezi plošnou hmotností a prodyšností ( $\rho = -0,84$ ;  $\rho = -0,57$ ). U tkanin z PA multifilu byla zjištěna záporná korelace mezi tloušťkou a prodyšností ( $\rho = -0,9$ ;  $\rho = -0,36$ ;  $\rho = -0,88$ ) a mezi plošnou hmotností a prodyšností ( $\rho = -0,97$ ;  $\rho = -0,98$ ;  $\rho = -0,89$ ). Vlivem stoupající dostavy útku nebyl prokázán vliv mezi faktorem pevnosti zakřížení *CFF* a prodyšností ani mezi faktorem flotující nitě *FYF* a prodyšností.

Při analýze strukturních parametrů experimentálních tkanin byly ve vztahu tloušťky a prodyšnosti zjištěny rozdíly mezi tkaninami ze staplové PL příze a tkaninami z PA multifilu. Další rozdíl byl zaznamenán při orientační analýze deformace zatkaných nití. Tyto rozdíly jsou způsobeny zejména rozdílnou strukturou staplové příze a multifilu.

Dalším krokem experimentální části byly výpočty porosity (viz kapitola 6.3 Porosita). U všech experimentálních tkanin byla vypočítána porosita z měrných objemových hmotností, plošná porosita, modifikovaná plošná porosita a vertikální porosita. U všech 3 sad experimentálních tkanin byla zjištěna kladná korelace mezi porositou z měrných objemových hmotností a prodyšností ( $\rho = 0,97$ ;  $\rho = 0,94$ ;  $\rho = 0,96$ ;  $\rho = 0,94$ ;  $\rho = 0,71$ ) i modifikovanou plošnou porositou a prodyšností ( $\rho = 0,88$ ;  $\rho = 0,81$ ;  $\rho = 0,98$ ;  $\rho = 0,99$ ;  $\rho = 0,98$ ). Byla zjištěna i závislost modifikované plošné porosity na faktoru pevnosti zakřížení *CFF* a faktoru flotující nitě *FYF*. Dále byla zjištěna kladná korelace mezi vertikální porositou a prodyšností tkanin ze staplové PL příze ( $\rho = 0,81$ ;  $\rho = 0,94$ ) i keprových tkanin z PA multifilu ( $\rho = 0,32$ ), avšak záporná korelace mezi vertikální porositou a prodyšností atlasových tkanin z PA multifilu ( $\rho = -0,71$ ). Rozdílné hodnoty plošné porosity tkanin ze staplové PL příze zapříčinila rozdílná dostava osnovy a útku. Silný vliv dostavy, zejména dostavy útkových nití, byl zjištěn také u tkanin z PA multifilu. Ukázalo, že dostava útku ovlivňuje prodyšnost tkanin z PA multifilu výrazněji než porosita. U keprových a atlasových tkanin z PA multifilu byl prokázán také vliv posunu sousedních útkových nití *u*.

Posledním krokem experimentální části byla analýza prodyšnosti experimentálních tkanin (viz kapitola 6.4 Prodyšnost). Prodyšnost byla měřena při tlakovém spádu  $\Delta p = 100 \text{ Pa} - \Delta p = 1000 \text{ Pa}$  a následně byl sledován nárůst hodnot prodyšnosti při stoupajícím tlakovém spádu. U všech sad tkanin byl zaznamenán nárůst prodyšnosti v závislosti na rostoucím tlakovém spádu. Při analýze hodnot prodyšnosti tkanin ze staplové PL příze byl prokázán vliv parametrů vazby *CFF*, *FYF* i *u*. Ukázalo se, že faktor flotující nitě *FYF* ovlivňuje prodyšnost více než posun sousedních útkových nití *u*. Při analýze prodyšnosti tkanin z PA multifilu se jako nejvýraznější ukázal vliv dostavy, konkrétně stoupající dostavy útku. To dokazují především tkaniny s rozdílnou vazbou, tedy rozdílnými parametry *CFF*, *FYF* a *u*, a rozdílnou dostavou útku, které však dosahují velmi podobných hodnot prodyšnosti. Ukázalo se, že v hustě dostavených tkaninách rozdíl 1 nití/cm v dostavě útku ovlivňuje prodyšnost tkaniny a eliminuje vliv

vazby na prodyšnost. S rostoucím rozdílem dostavy útku potom vliv vazby úplně zaniká a tkaniny se při hodnocení prodyšnosti chovají jinak, než by se očekávalo na základě předchozích poznatků.

Při porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a vypočítané podle teoretických modelů byly zjištěny velké rozdíly mezi tkaninami ze staplové PL příze a tkaninami z PA multifilu. Bylo zjištěno, že Kulichenkův model pro výpočet prodyšnosti (viz vztah (54)), který uvažuje kruhové póry, více vyhovuje tkaninám ze staplové PL příze a plátnovým tkaninám z PA multifilu, zatímco Ogulátův model pro výpočet prodyšnosti (viz vztah (51)) konstruovaný pro plátnové tkaniny více vyhovuje keprovým a atlasovým tkaninám z PA multifilu. Nový univerzální model pro predikci prodyšnosti tkanin ze staplové příze a zároveň i tkanin z multifilu se zkonstruovat nepodařilo. Vzhledem na rozdíly mezi staplovou přízí a multifilem se však lze domnívat, že univerzální model ani zkonstruovat nelze.

Tato diplomová práce přinesla řadu zajímavých poznatků, které je třeba při hodnocení a predikci prodyšnosti uvažovat. Bylo zjištěno, že vazba tkaniny výrazně ovlivňuje hodnotu prodyšnosti, avšak ještě výraznější vliv než vazba má dostava osnovních a útkových nití. Zejména při hustých dostavách vliv vazby potlačuje právě vysoká dostava nití. Při hustých dostavách se navíc mění vztah vertikální porosity a prodyšnosti. Na základě těchto poznatků by měly být další výzkumy zaměřeny na hodnocení vztahu vertikální porosity a prodyšnosti při nízkých a vysokých dostavách, např. i v návaznosti na studie Zupina, Hladíka a Dimitrovského [32].

Při měření prodyšnosti na přístroji FX 3300 se vyskytlo podezření, že garantovaný měřicí rozsah prodyšnosti až do 10 000 mm/s nelze při experimentech zcela využít. Proto by se další výzkumy mohly zaměřit na ověření rozsahu přístroje FX 3300, případně zjištění skutečného možného rozsahu prodyšnosti, kterou lze ve standardních laboratorních podmínkách naměřit.

Poznatky, které přinesla tato diplomová práce, lze využít zejména v oblasti technických textilií, např. z hlediska účinnosti technických filtrů. Pro lepší a efektivnější využití by však bylo dobré zaměřit podobný výzkum také na hodnocení vlivu strukturních parametrů tkaniny na propustnost pro vodu a jiná kapalná média.

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MILITKÝ, Jiří. Textilní vlákna: klasická a speciální. V Liberci: Technická univerzita, 2012, 374 s. ISBN 978-80-7372-844-1.
- [2] HORROCKS, A a Subhash ANAND. Handbook of technical textiles. Boca Raton, FL: CRC Press/Woodhead Pub., 2000, xvi, 559 p. ISBN 08-493-1047-4.
- [3] Textilní zkušebnictví. [online]. s. 79 [cit. 2013-01-25]. Dostupné z: [www.usti.cz/vubas/qqm/link/TextilniZkusebnictvi.pdf](http://www.usti.cz/vubas/qqm/link/TextilniZkusebnictvi.pdf)
- [4] KŘEMENÁKOVÁ, Dana. Systém projektování textilních struktur: Část 1 „vlákno – příze“. [online]. 2004, s. 69 [cit. 2013-02-03]. Dostupné z: [centrum.tul.cz/centrum/centrum/0zprava/zprava1204.pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/0zprava/zprava1204.pdf)
- [5] NECKÁŘ, Bohuslav. Morfologie a strukturní mechanika obecných vlákenných útvaů. Liberec: Technická univerzita, 1998. ISBN 80-7983-318-1.
- [6] HEARLE, J. W. S., P. GROSBERG a S. BACKER. Structural mechanics of fibers, yarns and fabrics. 1. vydání. 1969.
- [7] NECKÁŘ, Bohuslav. *Příze: tvorba, struktura, vlastnosti*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990, 449 s. ISBN 80-030-0213-3. KOVÁŘ, Radko. *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. Vyd. 1. V Liberci: Technická univerzita, 2003, 142 s. ISBN 80-708-3676-8.
- [8] PAEK, S. L. Effect of Yarn Type and Twist Factor on Air Permeability, Absorbency, and Hand Properties of Open-end and Ring-spun Yarn Fabrics. *Journal of the Textile Institute* [online]. 1995, vol. 86, issue 4, s. 581-589 [cit. 2013-05-05]. DOI: 10.1080/00405009508659036. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00405009508659036>.
- [9] KOVÁŘ, Radko. *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. Vyd. 1. V Liberci: Technická univerzita, 2003, 142 s. ISBN 80-708-3676-8.
- [10] DRAŠAROVÁ, Jana a Jana NOVÁČKOVÁ. Projektování vlastností přízí a plošných textilií Novaspin: Část 2: Tkaniny. Liberec.
- [11] DU, Zhaoqun, Bingang XU a Weidong YU. Theoretical study on the bending rigidity of filament yarns with an elliptical cross-section using energy method. II. Numerical evaluation: Part I. *Fibers and Polymers* [online]. roč. 11, č. 7, s. 1062-1066 [cit. 2013-04-22]. ISSN 1229-9197. DOI: 10.1007/s12221-010-1062-0. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s12221-010-1062-0>
- [12] PARK, J.-W., Bingang XU a Weidong YU. Bending Rigidity of Yarns: Part I. *Textile Research Journal* [online]. roč. 76, č. 6, s. 478-485 [cit. 2013-04-22]. ISSN 0040-5175. DOI: 10.1177/0040517506063915. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0040517506063915>
- [13] DU, Zhaoqun, Bingang XU a Weidong YU. Theoretical study on the bending rigidity of filament yarns with an elliptical cross-section using energy method. I. Theoretical modeling: Part I. *Fibers and Polymers* [online]. roč. 11, č. 6, s. 883-890 [cit. 2013-04-22]. ISSN 1229-9197. DOI: 10.1007/s12221-010-0883-1. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s12221-010-0883-1>

- [14] DHINGRA, R. C. a R. POSTLE. 52—THE BENDING AND RECOVERY PROPERTIES OF CONTINUOUS-FILAMENT AND STAPLE-FIBRE YARNS. *Journal of the Textile Institute* [online]. 1976, vol. 67, issue 12, s. 426-433 [cit. 2013-05-04]. DOI: 10.1080/00405007608630161. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00405007608630161>
- [15] Špánková, Jana. Přednášky, Teorie tvorby plošných textilií
- [16] KOLČAVOVÁ SIRKOVÁ, Brigita. Dílčí projekt: Systém projektování textilních struktur: 2. etapa: Tvorba systému projektování "příze - tkanina" MANUÁL. In: [online]. 2004 [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: [centrum.tul.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.4.../\[1.4.03\].pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.4.../[1.4.03].pdf)
- [17] Interní norma č. 13-108-01/01. *Definice: Geometrické parametry tkanin*. Liberec, 2004.
- [18] MORINO, H. a A. Alamdar YAZDI. Predicting Mechanical Properties and Hand Values from the Parameters of Weave Structures. *Textile Research Journal* [online]. 2012, roč. 75, č. 3, s. 252-257 [cit. 2013-04-24]. ISSN 0040-5175. DOI: 10.1177/004051750507500311. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/004051750507500311>
- [19] FATAHI, Iman a A. Alamdar YAZDI. Predicting Air Permeability from the Parameters of Weave Structure. *FIBRES & TEXTILES IN EASTERN EUROPE*. 2012, 78 - 81 [cit. 2013-04-24].
- [20] SANKARAN, V. a V. SUBRAMANIAM V. Effect of Weave Structures on the Low Stress Mechanical Properties of Woven Cotton Fabrics. *FIBRES & TEXTILES IN EASTERN EUROPE*. 2012, roč. 20, č. 5, 56 - 59 [cit. 2013-04-24].
- [21] HAVRDOVÁ, Marie. Air permeability and a structure of woven fabric. *Vlákna a textil*. 2003, 86 - 90.
- [22] ČSN EN 12127. *Textilie - Plošné textilie - Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků*. 1998.
- [23] KOVÁŘ, Radko.: *Teorie tvorby plošných textilií*. Internetové skriptum, FT TUL. Liberec, 2009.
- [24] DRAŠAROVÁ, Jana. Analýza příčných řezů tkaniny [online]. Liberec [cit. 2013-02-10]. Dostupné z: [centrum.tul.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.6.../\[1.6.1\].pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/1Projektovani/1.6.../[1.6.1].pdf). Teze disertační práce. Technická univerzita v Liberci.
- [25] BACKER, S. The Relationship Between the Structural Geometry of a Textile Fabric and Its Physical Properties: Part IV. *Textile Research Journal* [online]. roč. 21, č. 10, s. 703-714 [cit. 2013-04-22]. ISSN 0040-5175. DOI: 10.1177/004051755102101002. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/004051755102101002>
- [26] HAVRDOVÁ, Marie. Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin: Teze disertační práce [online]. Liberec, 2004 [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: [centrum.tul.cz/centrum/centrum/2Pristroje/2.3...prace/\[2.3.1\].pdf](http://centrum.tul.cz/centrum/centrum/2Pristroje/2.3...prace/[2.3.1].pdf). Disertační práce. Textilní fakulta Technické univerzity v Liberci. Vedoucí práce Prof. Ing. Jiří Militký, CSc.



- [27] HAVLOVÁ, Marie. Influence of vertical porosity on woven fabric air permeability. 7th International Conference - TEXSCI 2010. September 6 - 8, Liberec, Czech Republic.
- [28] GOOIJER, H., M.M.C.G. WARMOESKERKEN a J. GROOT WASSINK. Flow Resistance of Textile Materials: Part I. Textile Research Journal[online]. roč. 73, č. 5, s. 437-443 [cit. 2013-04-22]. ISSN 0040-5175. DOI: 10.1177/004051750307300511. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/004051750307300511>
- [29] OGULATA, R. Tugrul. Air permeability of woven fabric. In: JTATM [online]. 2. vyd. 2006 [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: [http://www.tx.ncsu.edu/jtatm/volume5issue2/articles/OGULATA/Ogulata\\_Full\\_199-06.pdf](http://www.tx.ncsu.edu/jtatm/volume5issue2/articles/OGULATA/Ogulata_Full_199-06.pdf)
- [30] Využití struktury a vlastností tkanin a pletenin. *Vysocefunkční textilie - přednášky*
- [31] KULICHENKO, A.V. Theoretical analysis, calculation, and prediction of the air permeability of textiles. Fibre Chemistry [online]. 2005, roč. 37, č. 5, s. 47-54 [cit. 2013-03-06].
- [32] ZUPIN, Z., A. HLADNIK a K. DIMITROVSKI. Prediction of one-layer woven fabrics air permeability using porosity parameters. Textile Research Journal [online]. roč. 82, č. 2, s. 117-128 [cit. 2013-04-24]. ISSN 0040-5175. DOI: 10.1177/0040517511424529. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/0040517511424529>
- [33] ČSN EN ISO 5084 (80 0844). Textilie - Zjišťování tloušťky textilií a textilních výrobků. 1998
- [34] ČSN EN ISO 9237 (80 0817). Textilie - Zjišťování prodyšnosti plošných textilií. 1996
- [35] Interní norma č. 33-302-01/01. *Hodnocení prodyšnosti tkanin*. Liberec, 2003.

## 9 SEZNAM PŘÍLOH

A Obrazy z konfokálního mikroskopu.....	I
B Tloušťka experimentálních tkanin .....	V
C Plošná hmotnost experimentálních tkanin .....	VI
D Měrná objemová hmotnost experimentálních tkanin a porosita z měrných objemových hmotností.....	VII
E Plošná porosita experimentálních tkanin.....	VIII
F Modifikovaná plošná porosita .....	IX
G Vertikální porosita .....	XII
H Hodnoty naměřené prodyšnosti experimentálních tkanin.....	XIV
I Hodnoty teoreticky vypočítané prodyšnosti .....	XVIII

## A Obrazy z konfokálního mikroskopu

### PL tkaniny 16,5 tex



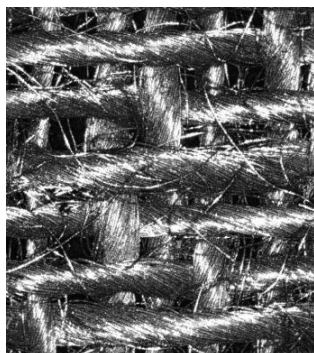
Obrázek A 1 Kepr 1/5,  
 $D_o = 31,8/\text{cm}$ ,  $D_u = 31,8/\text{cm}$ ,  
 $T_o = 16,5 \text{ tex}$ ,  $T_u = 16,5 \text{ tex}$



Obrázek A 2 Kepr 2/4,  
 $D_o = 31,8/\text{cm}$ ,  $D_u = 31,8/\text{cm}$ ,  
 $T_o = 16,5 \text{ tex}$ ,  $T_u = 16,5 \text{ tex}$



Obrázek A 3 Kepr 2/1 – 1/2,  
 $D_o = 31,8/\text{cm}$ ,  $D_u = 31,8/\text{cm}$ ,  
 $T_o = 16,5 \text{ tex}$ ,  $T_u = 16,5 \text{ tex}$



Obrázek A 4 Atlas 1/5,  
 $D_o = 31,8/\text{cm}$ ,  $D_u = 31,8/\text{cm}$ ,  
 $T_o = 16,5 \text{ tex}$ ,  $T_u = 16,5 \text{ tex}$

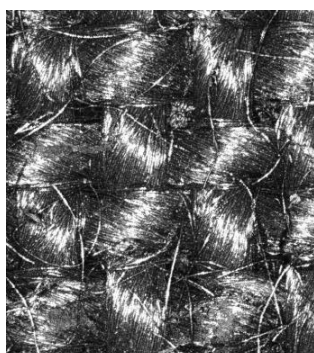


Obrázek A 5 Atlas 2/4,  
 $D_o = 31,8/\text{cm}$ ,  $D_u = 31,8/\text{cm}$ ,  
 $T_o = 16,5 \text{ tex}$ ,  $T_u = 16,5 \text{ tex}$



Obrázek A 6 Atlas 3/3,  
 $D_o = 31,8/\text{cm}$ ,  $D_u = 31,8/\text{cm}$ ,  
 $T_o = 16,5 \text{ tex}$ ,  $T_u = 16,5 \text{ tex}$

### PL tkaniny 40 tex



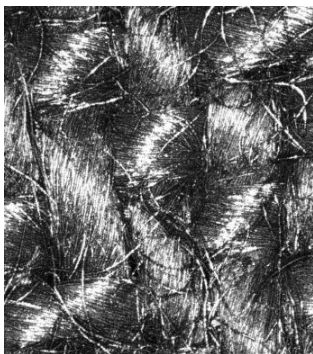
Obrázek A 7 Plátno,  
 $D_o = 21,2/\text{cm}$ ,  $D_u = 21,2/\text{cm}$ ,  
 $T_o = 40 \text{ tex}$ ,  $T_u = 40 \text{ tex}$



Obrázek A 8 Kepr 1/5,  
 $D_o = 21,2/\text{cm}$ ,  $D_u = 21,2/\text{cm}$ ,  
 $T_o = 40 \text{ tex}$ ,  $T_u = 40 \text{ tex}$



Obrázek A 9 Kepr 2/4,  
 $D_o = 21,2/\text{cm}$ ,  $D_u = 21,2/\text{cm}$ ,  
 $T_o = 40 \text{ tex}$ ,  $T_u = 40 \text{ tex}$



**Obrázek A 10 Kepr 2/1 – 1/2,**  
**Do = 21,2/cm, Du = 21,2/cm,**  
**To = 40 tex, Tu = 40 tex**



**Obrázek A 11 Atlas 1/5,**  
**Do = 21,2/cm, Du = 21,2/cm,**  
**To = 40 tex, Tu = 40 tex**

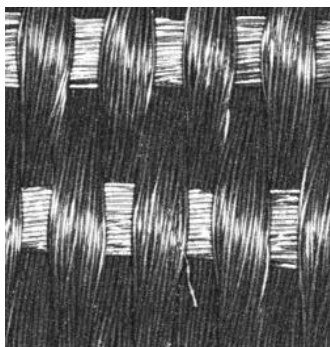


**Obrázek A 12 Atlas 2/4,**  
**Do = 21,2/cm, Du = 21,2/cm,**  
**To = 40 tex, Tu = 40 tex**

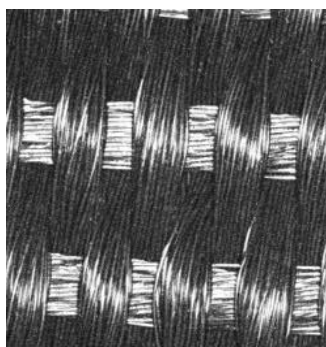


**Obrázek A 13 Atlas 3/3,**  
**Do = 21,2/cm, Du = 21,2/cm,**  
**To = 40 tex, Tu = 40 tex**

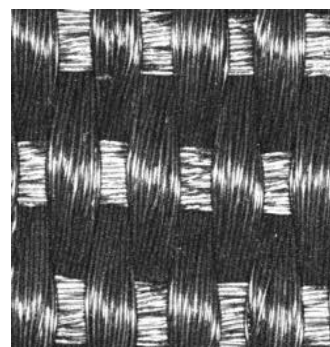
## **PA tkaniny 22 tex**



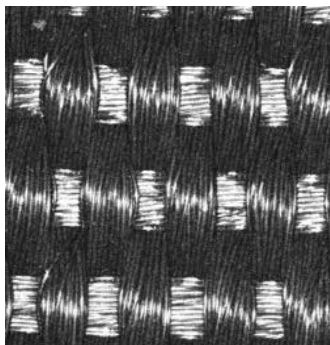
**Obrázek A 14 Plátno,**  
**D<sub>o</sub> = 49/cm, D<sub>u</sub> = 12/cm,**  
**T<sub>o</sub> = 22 tex, T<sub>u</sub> = 22 tex**



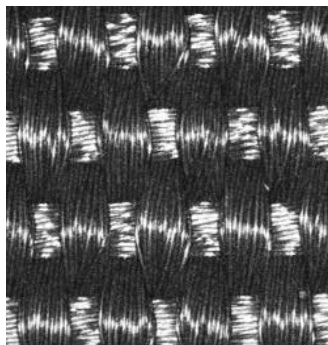
**Obrázek A 15 Plátno,**  
**D<sub>o</sub> = 49/cm, D<sub>u</sub> = 14/cm,**  
**T<sub>o</sub> = 22 tex, T<sub>u</sub> = 22 tex**



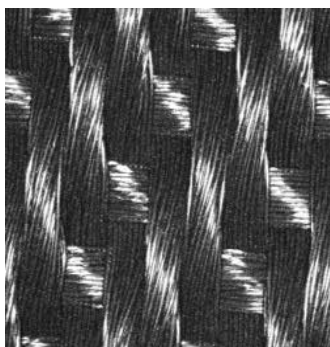
**Obrázek A 16 Plátno,**  
**D<sub>o</sub> = 49/cm, D<sub>u</sub> = 16/cm,**  
**T<sub>o</sub> = 22 tex, T<sub>u</sub> = 22 tex**



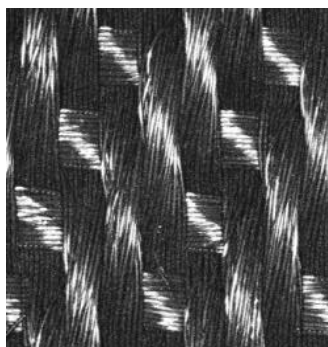
**Obrázek A 17 Plátno,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 18/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**



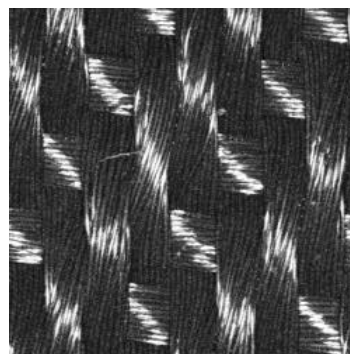
**Obrázek A 18 Plátno,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 20/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**



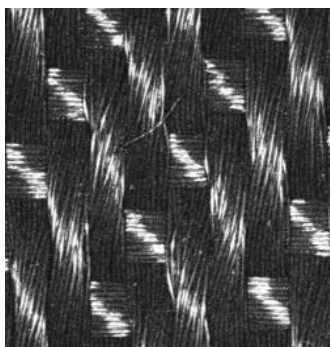
**Obrázek A 19 Kepr 3/1,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 21/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**



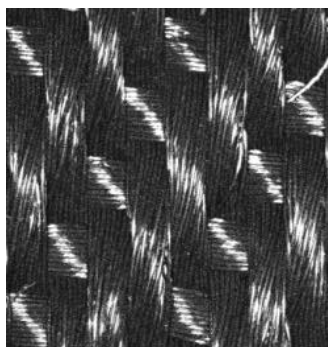
**Obrázek A 20 Kepr 3/1,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 23/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**



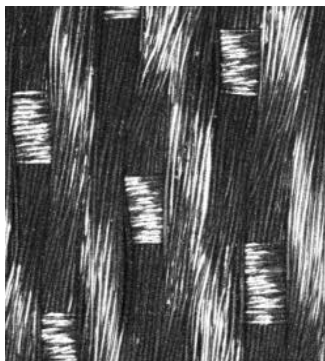
**Obrázek A 21 Kepr 3/1,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 25/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**



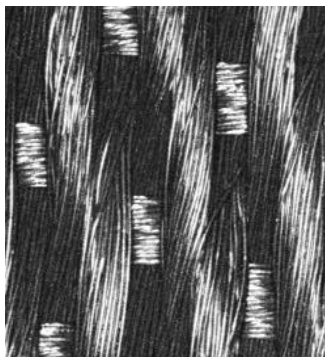
**Obrázek A 22 Kepr 3/1,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 27/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**



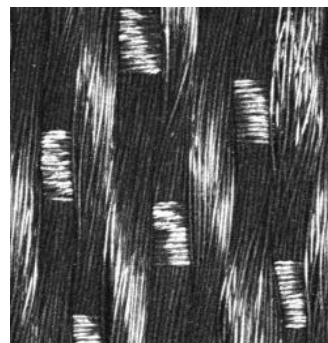
**Obrázek A 23 Kepr 3/1,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 29/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**



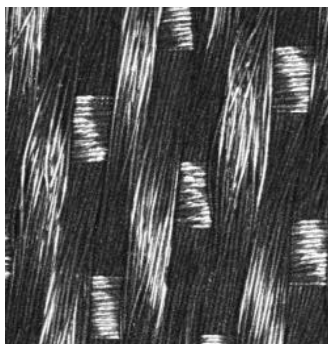
**Obrázek 24 Atlas 7/1,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 28/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**



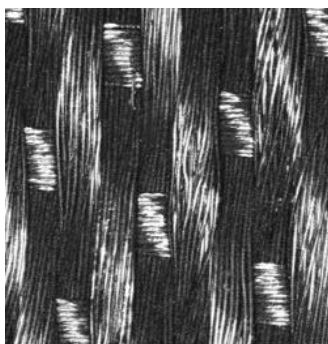
**Obrázek 25 Atlas 7/1,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 30/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**



**Obrázek 26 Atlas 7/1,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 32/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**



**Obrázek 27 Atlas 7/1,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 34/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**



**Obrázek 28 Atlas 7/1,**  
 **$D_o = 49/\text{cm}$ ,  $D_u = 36/\text{cm}$ ,**  
 **$T_o = 22 \text{ tex}$ ,  $T_u = 22 \text{ tex}$**

**B Tloušťka experimentálních tkanin****Tabulka B 1** Tloušťka staplových PL tkanin; T = 16,5 tex

	<i>Tloušťka [mm]</i>	<i>Směrodatná odchylka</i>	<i>Počet měření</i>
kepr 1/5	0,577	0,013	10
kepr 2/4	0,578	0,019	10
kepr 2/1 – 1/2	0,434	0,016	10
atlas 1/5	0,573	0,020	10
atlas 2/4	0,561	0,024	10
atlas 3/3	0,527	0,013	10

**Tabulka B 2:** Tloušťka staplových PL tkanin; T = 40 tex

	<i>Tloušťka [mm]</i>	<i>Směrodatná odchylka</i>	<i>Počet měření</i>
plátno	0,632	0,021	10
kepr 1/5	0,885	0,014	10
kepr 2/4	0,844	0,014	10
kepr 2/1 – 1/2	0,661	0,021	10
atlas 1/5	0,854	0,035	10
atlas 2/4	0,878	0,019	10
atlas 3/3	0,758	0,015	10

**Tabulka B 3:** Tloušťka multifilových PA tkanin

	<i>Tloušťka [mm]</i>	<i>Směrodatná odchylka</i>	<i>Počet měření</i>
plátno 49-12	0,379	0,007	10
plátno 49-14	0,377	0,010	10
plátno 49-16	0,384	0,008	10
plátno 49-18	0,414	0,015	10
plátno 49-20	0,414	0,014	10
kepr 49-21	0,472	0,009	10
kepr 49-23	0,473	0,009	10
kepr 49-25	0,464	0,007	10
kepr 49-27	0,471	0,013	10
kepr 49-29	0,479	0,028	10
atlas 49-28	0,468	0,009	10
atlas 49-30	0,481	0,010	10
atlas 49-32	0,492	0,010	10
atlas 49-34	0,484	0,008	10
atlas 49-36	0,501	0,008	10

## C Plošná hmotnost experimentálních tkanin

Tabulka C 1 Plošná hmotnost staplových PL tkanin; T = 16,5 tex

	$G [g/m^2]$
kepr 1/5	118,86
kepr 2/4	117,65
kepr 2/1 – 1/2	123,55
atlas 1/5	114,92
atlas 2/4	120,18
atlas 3/3	119,94

Tabulka C 2 Plošná hmotnost staplových PL tkanin; T = 40 tex

	$G [g/m^2]$
plátno	200,22
kepr 1/5	194,32
kepr 2/4	197,02
kepr 2/1 – 1/2	193,39
atlas 1/5	191,16
atlas 2/4	194,91
atlas 3/3	194,76

Tabulka C 3 Plošná hmotnost multifilových PA tkanin

	$G [g/m^2]$
plátno 49-12	137,34
plátno 49-14	143,46
plátno 49-16	149,57
plátno 49-18	163,72
plátno 49-20	170,69
kepr 49-21	165,33
kepr 49-23	175,21
kepr 49-25	180,81
kepr 49-27	185,68
kepr 49-29	191,94
atlas 49-28	168,19
atlas 49-30	177,04
atlas 49-32	173,47
atlas 49-34	185,79
atlas 49-36	195,14

## D Měrná objemová hmotnost experimentálních tkanin a porosita z měrných objemových hmotností

Tabulka D 1 Měrná objemová hmotnost a porosita z měrných objemových hmotností staplových PL tkanin;  
T = 16,5 tex

	$\rho_r [kg/m^3]$	$\psi_p [-]$
kepr 1/5	206,00	0,850
kepr 2/4	203,55	0,851
kepr 2/1 – 1/2	284,68	0,792
atlas 1/5	200,56	0,854
atlas 2/4	214,22	0,844
atlas 3/3	227,59	0,834

Tabulka D 2 Měrná objemová hmotnost a porosita z měrných objemových hmotností staplových PL tkanin;  
T = 40 tex

	$\rho_r [kg/m^3]$	$\psi_p [-]$
plátno	316,80	0,769
kepr 1/5	219,57	0,840
kepr 2/4	233,44	0,830
kepr 2/1 - 1/2	292,57	0,786
atlas 1/5	223,84	0,837
atlas 2/4	221,99	0,838
atlas 3/3	256,94	0,812

Tabulka D 3 Měrná objemová hmotnost a porosita z měrných objemových hmotností multifilových PA tkanin

	$\rho_r [kg/m^3]$	$\psi_p [-]$
plátno 49-12	362,37	0,652
plátno 49-14	380,53	0,634
plátno 49-16	389,51	0,625
plátno 49-18	395,46	0,620
plátno 49-20	412,29	0,604
kepr 49-21	350,28	0,663
kepr 49-23	370,42	0,644
kepr 49-25	389,68	0,625
kepr 49-27	394,23	0,621
kepr 49-29	400,71	0,615
atlas 49-28	359,38	0,654
atlas 49-30	368,07	0,646
atlas 49-32	352,58	0,661
atlas 49-34	383,86	0,631
atlas 49-36	389,50	0,625



## E Plošná porosita experimentálních tkanin

Tabulka E 1 Plošná porosita staplových PL tkanin; T = 16,5 tex

	$\Psi [-]$
kepr 1/5	0,670
kepr 2/4	0,664
kepr 2/1 – 1/2	0,693
atlas 1/5	0,664
atlas 2/4	0,682
atlas 3/3	0,658

Tabulka E 2 Plošná porosita staplových PL tkanin; T = 40 tex

	$\Psi [-]$
plátno	0,609
kepr 1/5	0,595
kepr 2/4	0,587
kepr 2/1 – 1/2	0,574
atlas 1/5	0,588
atlas 2/4	0,608
atlas 3/3	0,478

Tabulka E 3 Plošná porosita multifilových PA tkanin

	$\Psi [-]$
plátno 49-12	0,044
plátno 49-14	0,046
plátno 49-16	0,044
plátno 49-18	0,037
plátno 49-20	0,037
kepr 49-21	0,038
kepr 49-23	0,032
kepr 49-25	0,029
kepr 49-27	0,027
kepr 49-29	0,029
atlas 49-28	0,024
atlas 49-30	0,024
atlas 49-32	0,020
atlas 49-34	0,019
atlas 49-36	0,019

## F Modifikovaná plošná porosita

Tabulka F 1 Plocha a počet jednotlivých typů pórů obsažených ve staplových PL tkaninách; T = 16,5 tex

	<i>Počet pórů</i>					<i>Plocha pórů</i>				
	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3a</i>	<i>P3b</i>	<i>P4</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3a</i>	<i>P3b</i>	<i>P4</i>
kepr 1/5	6	12	0	0	18	2,76E-09	3,58E-08	0	0	3,88E-08
kepr 2/4	0	24	0	0	12	9,82E-10	3,28E-08	0	0	3,51E-08
kepr 2/1 - 1/2	12	24	0	0	0	3,71E-10	3,28E-08	0	0	0
atlas 1/5	0	24	0	0	12	1,86E-09	3,42E-08	0	0	3,69E-08
atlas 2/4	4	16	0	12	4	6,38E-10	3,28E-08	0	8,88E-08	3,49E-08
atlas 3/3	4	16	0	16	0	2,12E-09	3,44E-08	0	9,02E-08	0

Tabulka F 2 Modifikovaná 2D porosita staplových PL tkanin; T = 16,5 tex

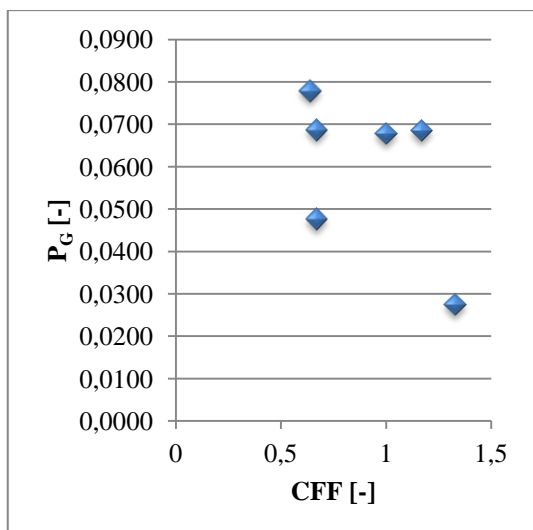
	<i>P<sub>G</sub> [-]</i>
kepr 1/5	0,069
kepr 2/4	0,048
kepr 2/1 - 1/2	0,027
atlas 1/5	0,078
atlas 2/4	0,068
atlas 3/3	0,068

Tabulka F 3 Plocha a počet jednotlivých typů pórů obsažených ve staplových PL tkaninách; T = 40 tex

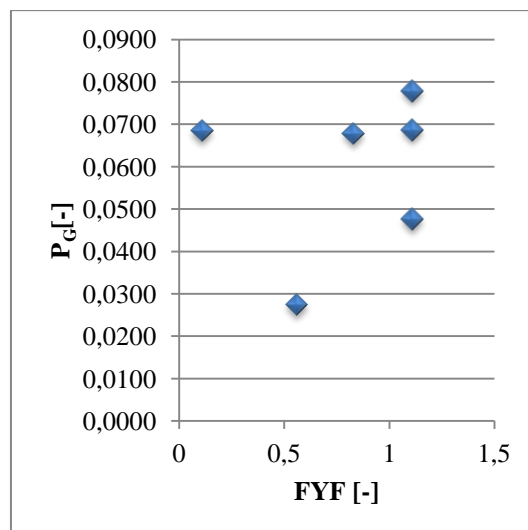
	<i>Počet pórů</i>					<i>Plocha pórů</i>				
	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3a</i>	<i>P3b</i>	<i>P4</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3a</i>	<i>P3b</i>	<i>P4</i>
plátno	4	0	0	0	0	-3,1E-09	8,41E-08	0	0	9E-08
kepr 1/5	6	12	0	0	18	-1,4E-08	6,34E-08	0	0	6,41E-08
kepr 2/4	0	24	0	0	12	-1,5E-08	6,17E-08	0	0	6,22E-08
kepr 2/1 - 1/2	12	24	0	0	0	-1,4E-08	6,14E-08	0	0	0
atlas 1/5	0	24	0	0	12	-1,6E-08	5,96E-08	0	0	5,94E-08
atlas 2/4	4	16	0	12	4	-1,8E-08	5,81E-08	0	2,03E-07	5,68E-08
atlas 3/3	4	16	0	16	0	-6,8E-09	6,62E-08	0	2,05E-07	0

Tabulka F 4 Modifikovaná 2D porosita staplových PL tkanin; T = 40 tex

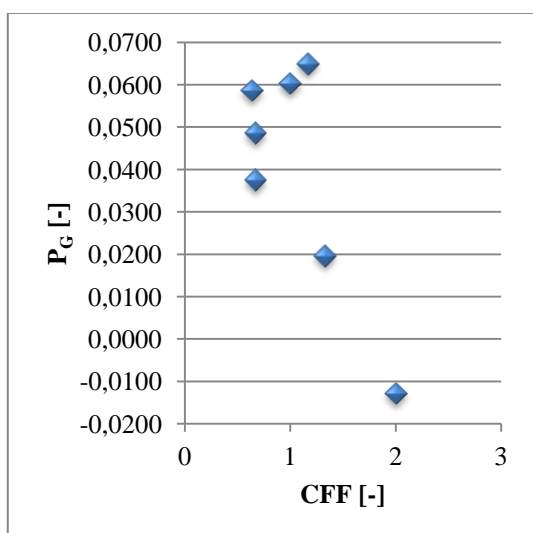
	<i>P<sub>G</sub> [-]</i>
plátno	-0,013
kepr 1/5	0,049
kepr 2/4	0,037
kepr 2/1 - 1/2	0,020
atlas 1/5	0,059
atlas 2/4	0,060
atlas 3/3	0,065



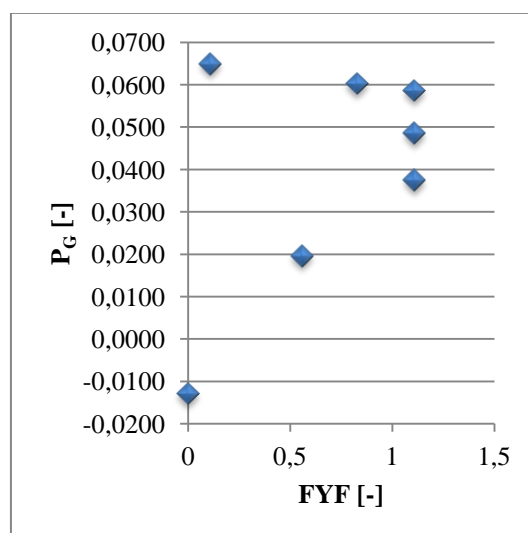
Obrázek F 1 Vztah modifikované 2D porosity a CFF staplových PL tkanin; T = 16,5 tex



Obrázek F 2 Vztah modifikované 2D porosity a FYF staplových PL tkanin; T = 16,5 tex



Obrázek F 3 Vztah modifikované 2D porosity a CFF staplových PL tkanin; T = 40 tex



Obrázek F 4 Vztah modifikované 2D porosity a FYF staplových PL tkanin; T = 40 tex

Tabulka F 5 Plocha a počet jednotlivých typů pórů obsažených v multifilových PA tkaninách

	<i>Počet pórů</i>					<i>Plocha pórů s nedeformovaným průměrem nití</i>				
	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3a</i>	<i>P3b</i>	<i>P4</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3a</i>	<i>P3b</i>	<i>P4</i>
plátno 49-12	4	0	0	0	0	2,82E-08	0	0	0	0
plátno 49-14	4	0	0	0	0	2,31E-08	0	0	0	0
plátno 49-16	4	0	0	0	0	1,64E-08	0	0	0	0
plátno 49-18	4	0	0	0	0	1,04E-08	0	0	0	0
plátno 49-20	4	0	0	0	0	7,61E-09	0	0	0	0
kepr 49-21	4	8	0	0	4	6,34E-09	3,87E-08	0	0	5,43E-08
kepr 49-23	4	8	0	0	4	4,18E-09	3,36E-08	0	0	4,65E-08
kepr 49-25	4	8	0	0	4	2,19E-09	2,88E-08	0	0	3,89E-08
kepr 49-27	4	8	0	0	4	1,15E-09	2,63E-08	0	0	3,5E-08
kepr 49-29	4	8	0	0	4	2,24E-10	2,42E-08	0	0	3,14E-08
atlas 49-28	0	32	0	0	32	0	2,61E-08	0	0	3,48E-08
atlas 49-30	0	32	0	0	32	0	2,4E-08	0	0	3,14E-08
atlas 49-32	0	32	0	0	32	0	2,08E-08	0	0	2,64E-08
atlas 49-34	0	32	0	0	32	0	1,78E-08	0	0	2,15E-08
atlas 49-36	0	32	0	0	32	0	1,61E-08	0	0	1,87E-08

Tabulka F 6 Modifikovaná 2D porosita multifilových PA tkanin

	<i>P<sub>G</sub> [-]</i>		<i>P<sub>G</sub> [-]</i>		<i>P<sub>G</sub> [-]</i>
plátno 49-12	0,158	kepr 49-21	0,121908	atlas 49-28	0,059
plátno 49-14	0,146	kepr 49-23	0,113907	atlas 49-30	0,056
plátno 49-16	0,124	kepr 49-25	0,105	atlas 49-32	0,051293
plátno 49-18	0,095	kepr 49-27	0,099	atlas 49-34	0,045897
plátno 49-20	0,077	kepr 49-29	0,093	atlas 49-36	0,043

## G Vertikální porosita

**Tabulka G 1 Vertikální porosita staplových PL tkanin; T = 16,5 tex**

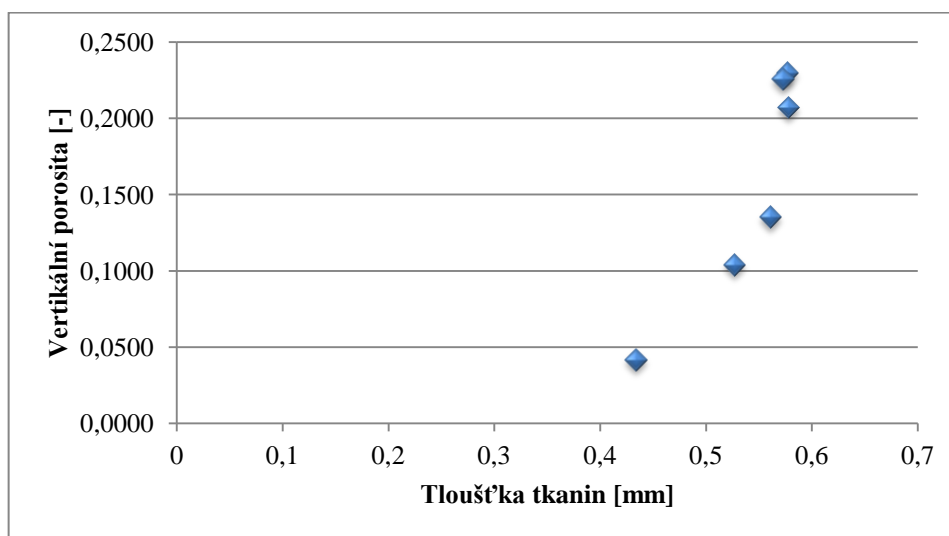
	$P_{ver} [-]$
kepr 1/5	0,2296
kepr 2/4	0,2069
kepr 2/1	0,0417
atlas 1/5	0,2255
atlas 2/4	0,1352
atlas 3/3	0,1039

**Tabulka G 2 Vertikální porosita staplových PL tkanin; T = 40 tex**

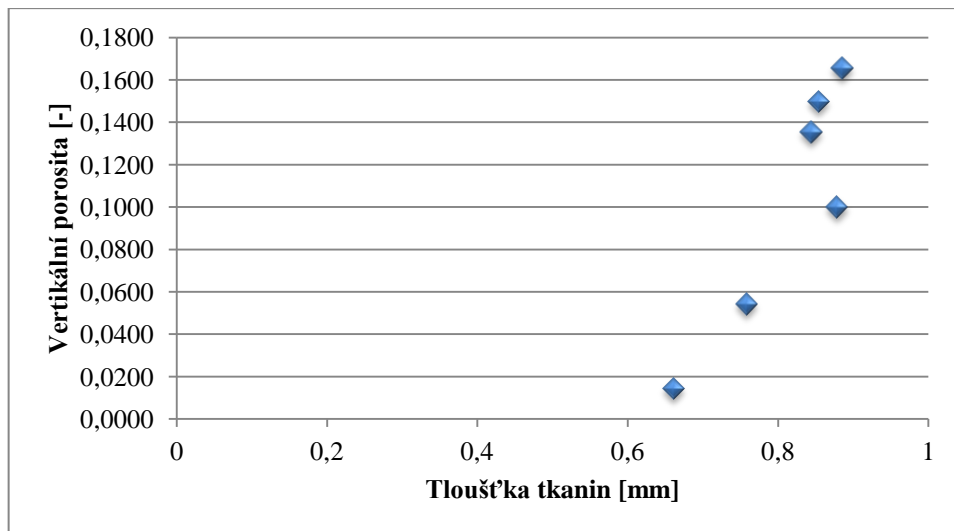
	$P_{ver} [-]$
kepr 1/5	0,1654
kepr 2/4	0,1353
kepr 2/1	0,0142
atlas 1/5	0,1497
atlas 2/4	0,1000
atlas 3/3	0,0541

**Tabulka G 3 Vertikální porosita multifilových PA tkanin**

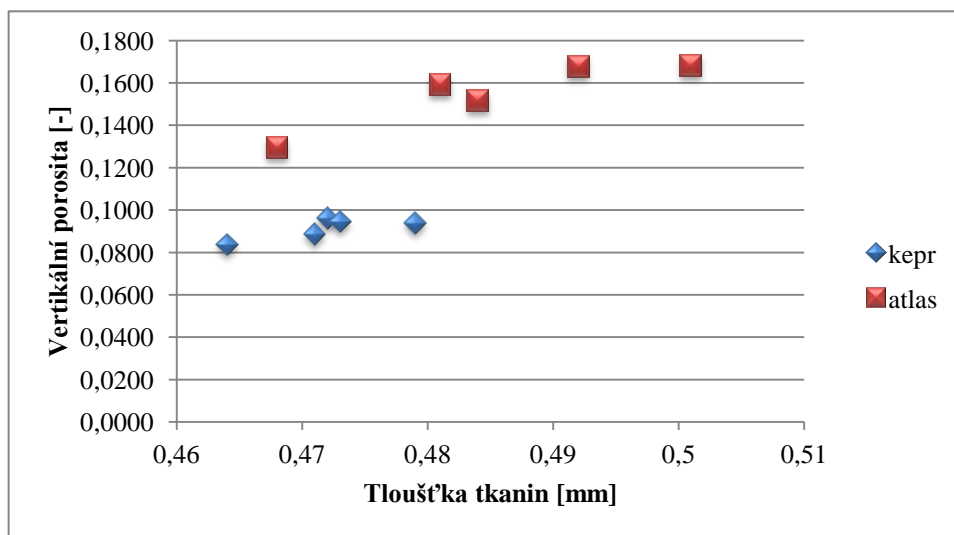
	$P_{ver} [-]$
kepr 49-21	0,0962
kepr 49-23	0,0945
kepr 49-25	0,0838
kepr 49-27	0,0885
kepr 49-29	0,0938
atlas 49-28	0,1294
atlas 49-30	0,1593
atlas 49-32	0,1678
atlas 49-34	0,1517
atlas 49-36	0,1684



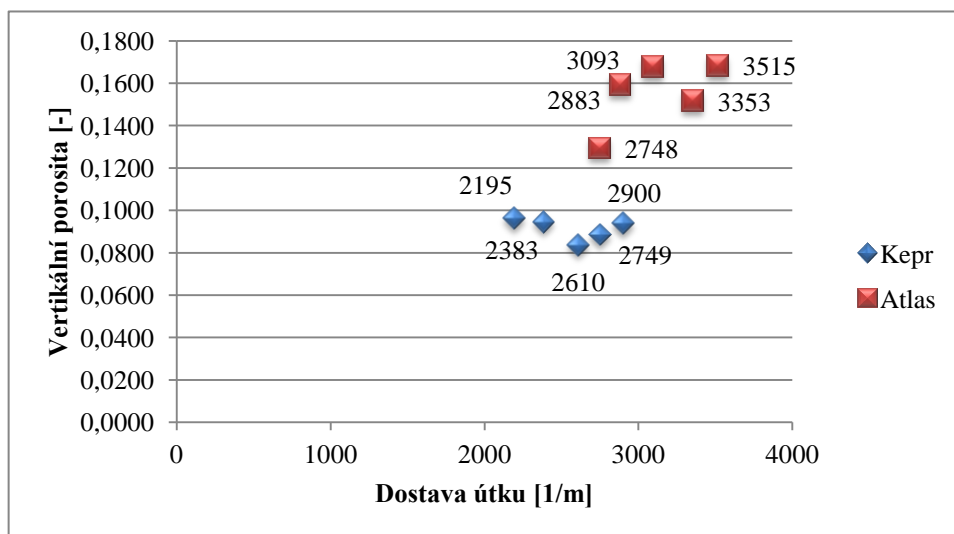
**Obrázek G 1 Vliv tloušťky na vertikální porositu staplových PL tkanin; T = 16,5 tex**



Obrázek G 2 Vliv tloušťky na vertikální porositu staplových PL tkanin; T = 40 tex



Obrázek G 3 Vliv tloušťky na vertikální porositu multifilových PA tkanin



Obrázek G 4 Vliv dostavy útku na vertikální porositu multifilových PA tkanin

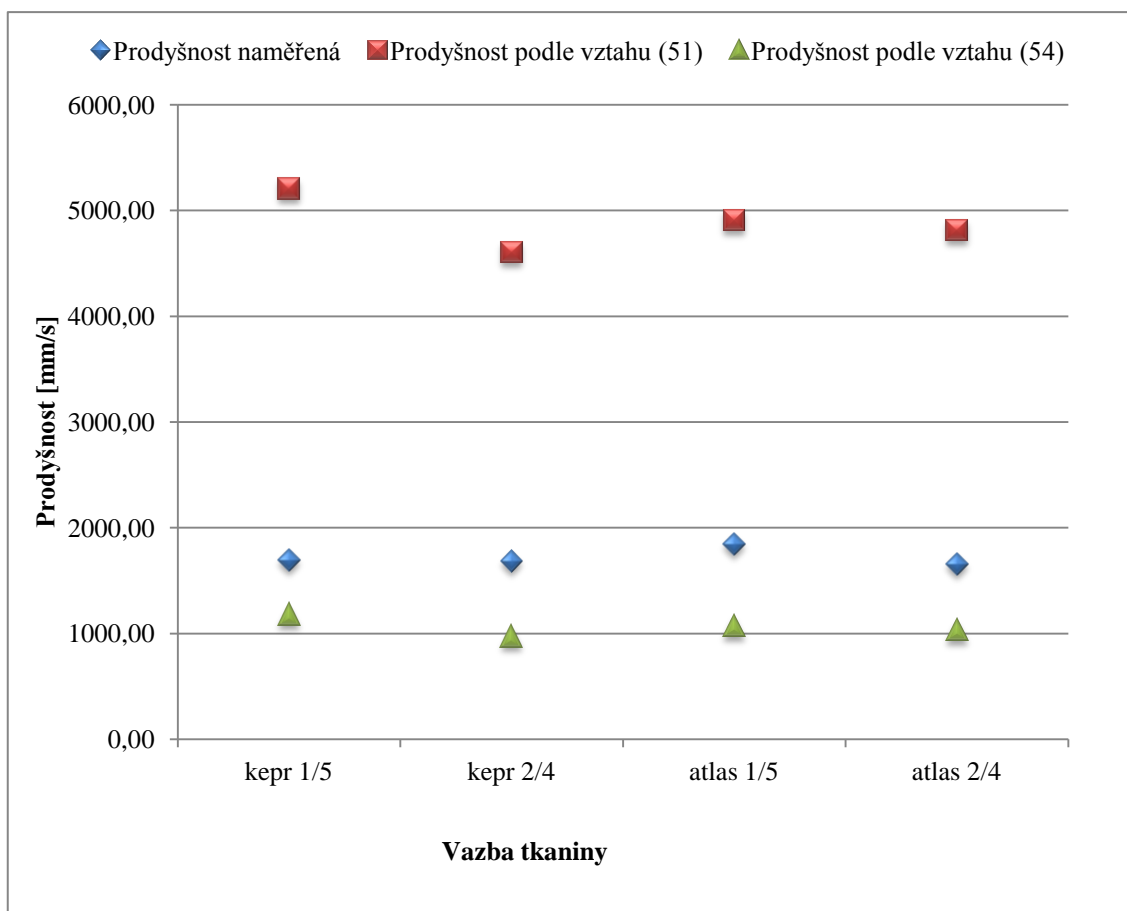
## I Hodnoty teoreticky vypočítané prodyšnosti

PL 16,5 tex

$\Delta p = 100 \text{ Pa}$

Tabulka I 1 Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 100 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	1692,00	5203,49	1177,17
kepr 2/4	1682,00	4603,03	971,43
atlas 1/5	1842,67	4908,31	1069,17
atlas 2/4	1656,67	4812,73	1028,69

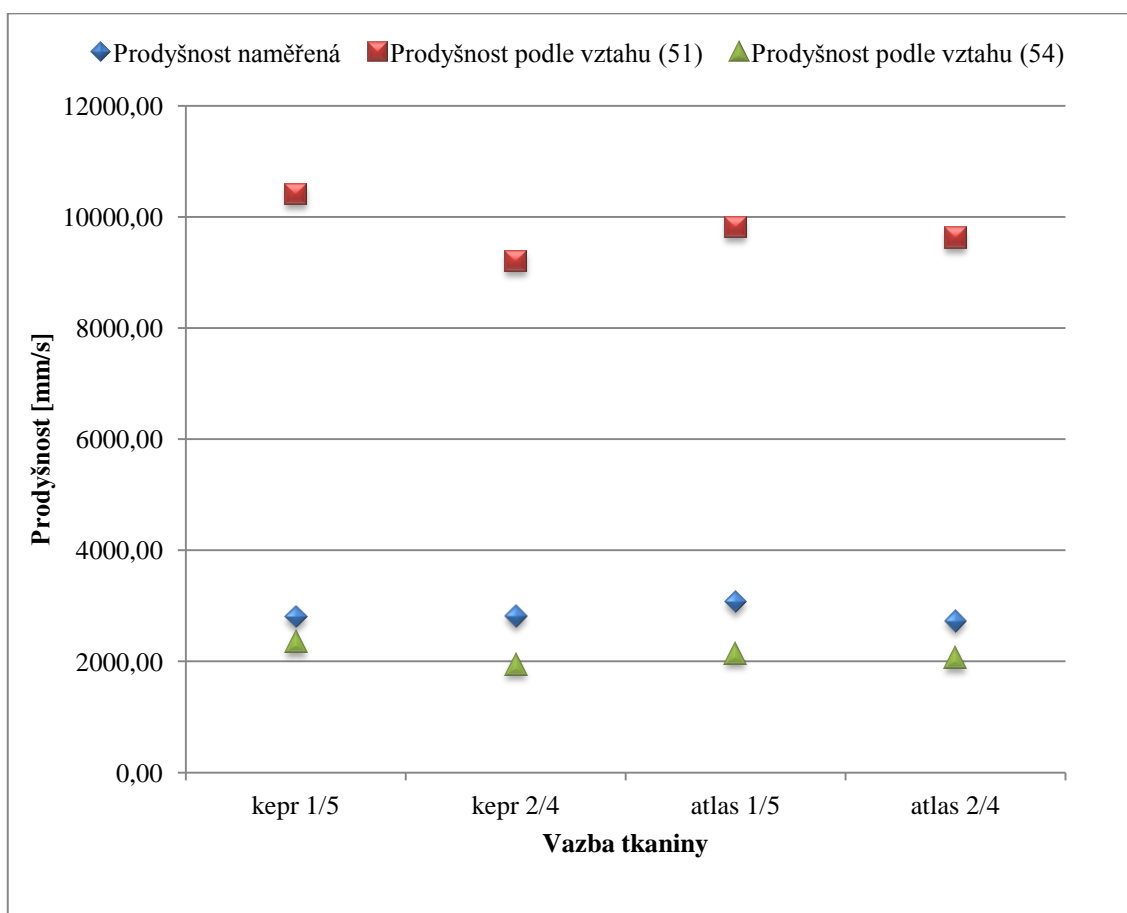


Obrázek I 1 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 100 Pa

$$\Delta p = 200 \text{ Pa}$$

Tabulka I 2 Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 200 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	2802,00	10406,98	2354,33
kepr 2/4	2806,67	9206,07	1942,85
atlas 1/5	3074,00	9816,62	2138,34
atlas 2/4	2724,67	9625,47	2057,39



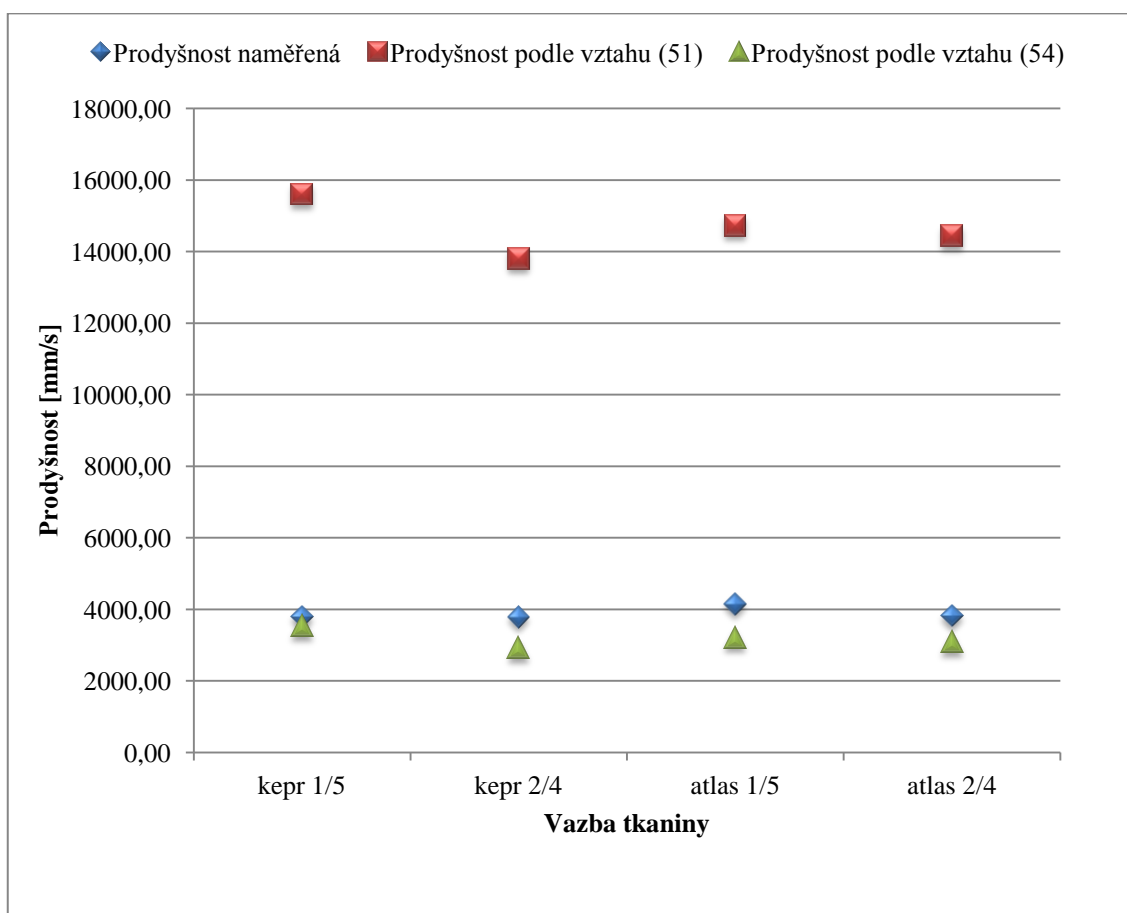
Obrázek I 2 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 200 Pa



$$\Delta p = 300 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 3** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 300 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	3797,33	15610,47	3531,50
kepr 2/4	3786,00	13809,10	2914,28
atlas 1/5	4147,33	14724,94	3207,52
atlas 2/4	3818,00	14438,20	3086,08

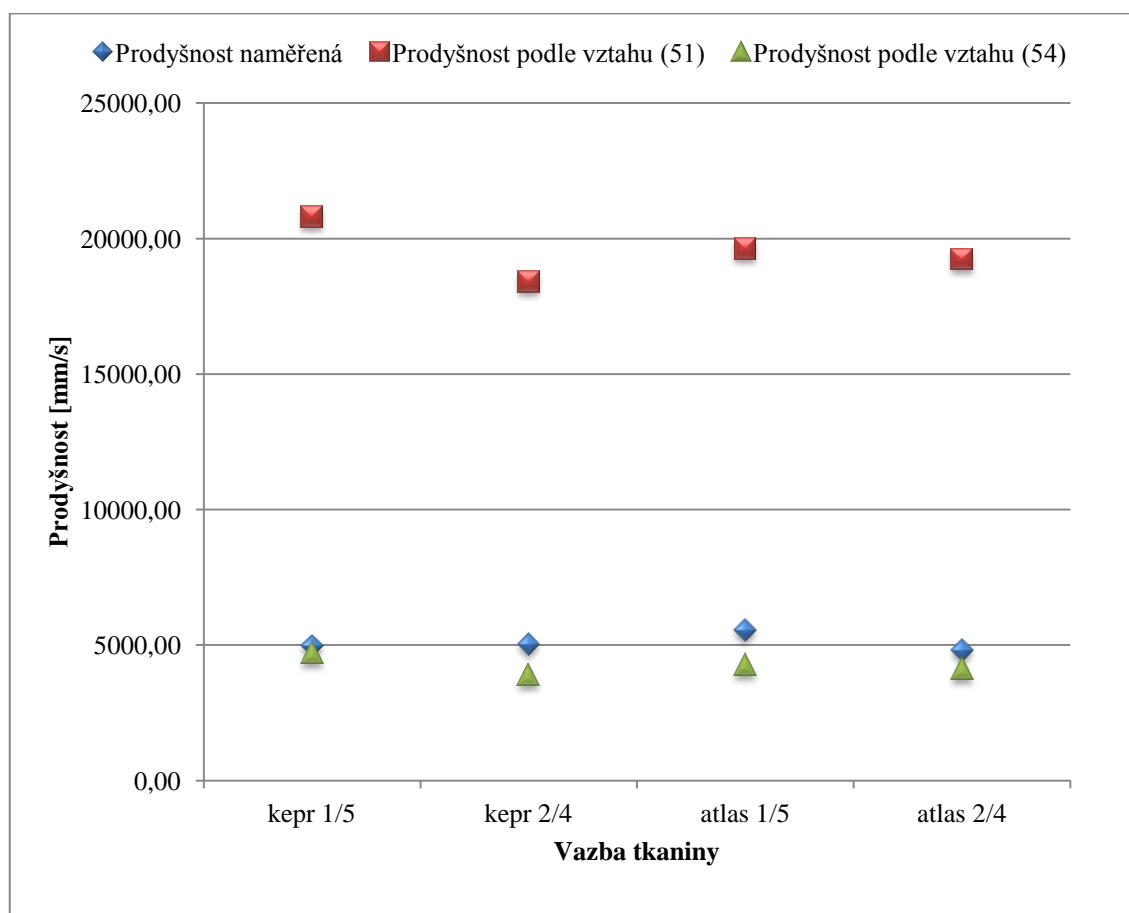


**Obrázek I 3** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 300 Pa

$$\Delta p = 400 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 4** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 400 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	4975,33	20813,96	4708,66
kepr 2/4	5032,67	18412,13	3885,71
atlas 1/5	5562,67	19633,25	4276,69
atlas 2/4	4818,67	19250,94	4114,77

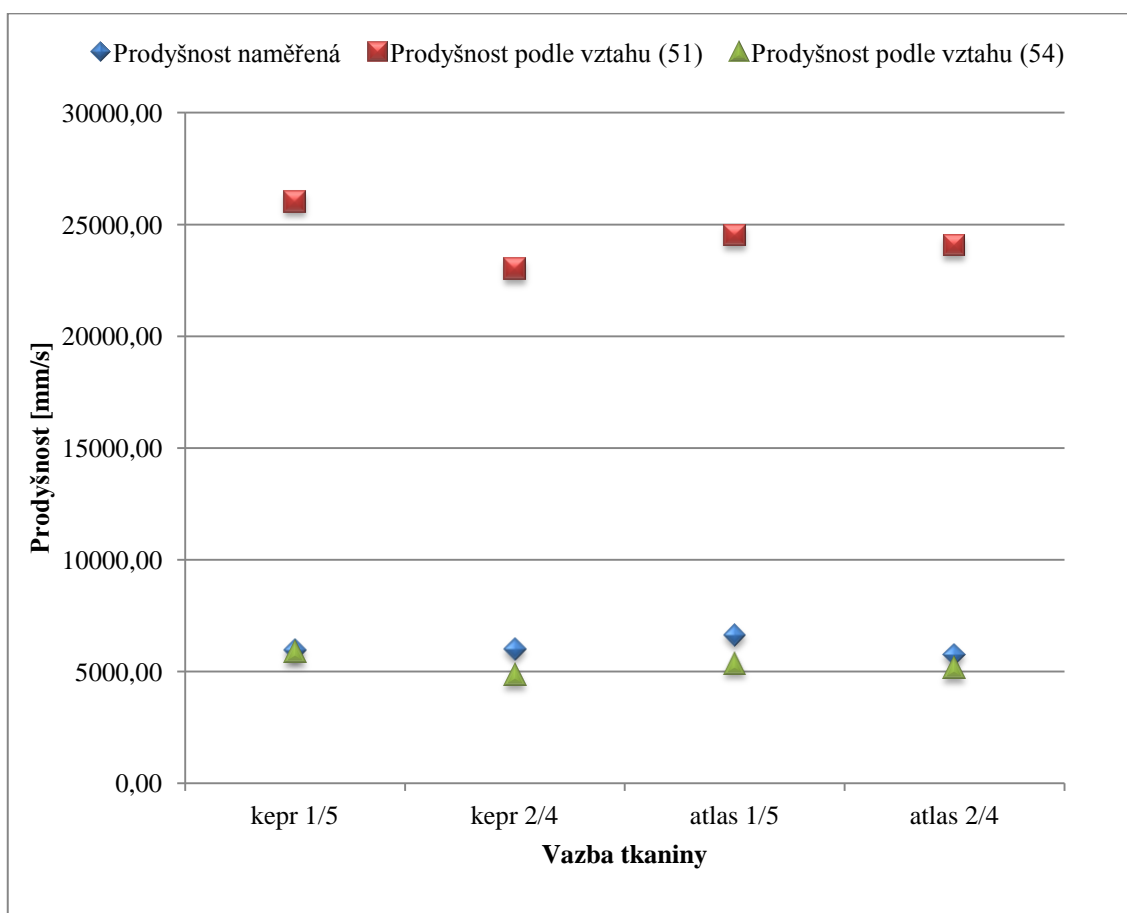


**Obrázek I 4** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 400 Pa

$$\Delta p = 500 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 5** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 500 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	5944,00	26017,45	5885,83
kepr 2/4	5990,67	23015,16	4857,14
atlas 1/5	6624,67	24541,56	5345,86
atlas 2/4	5755,33	24063,67	5143,46

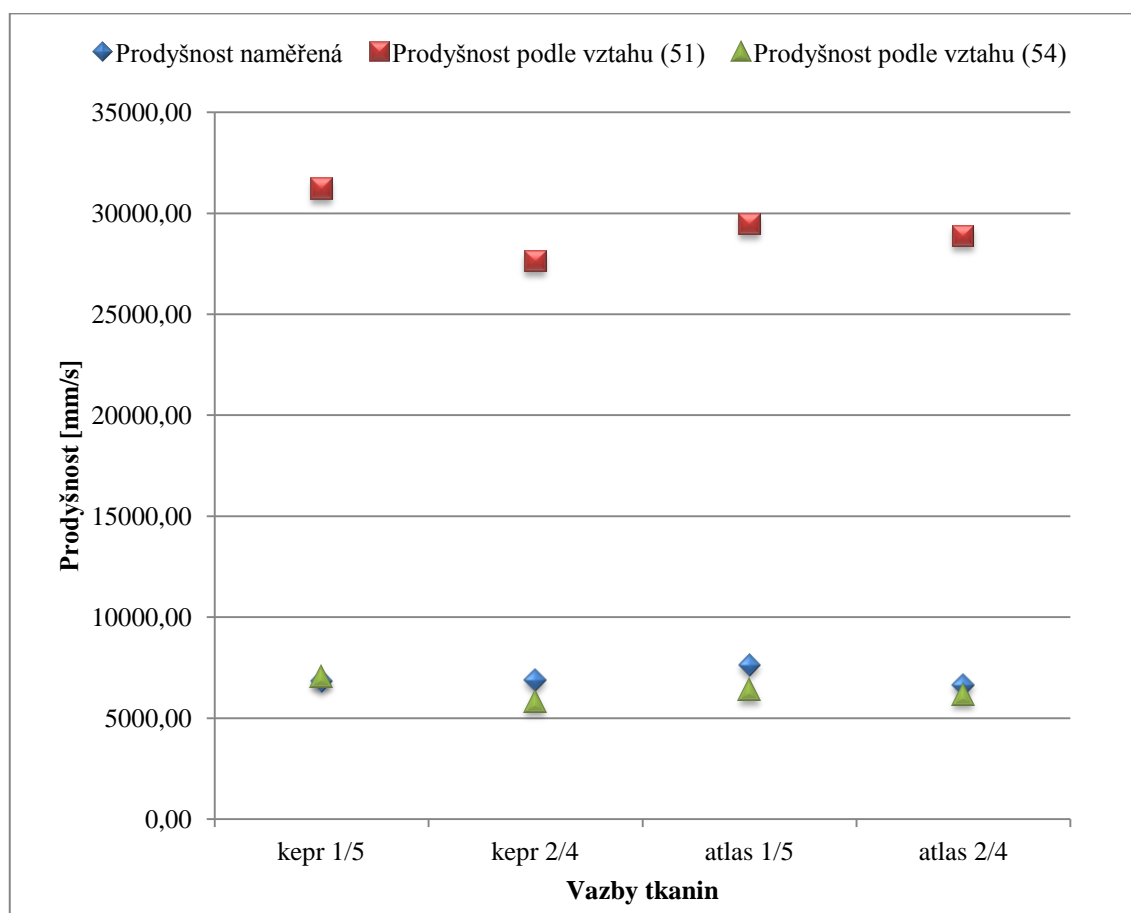


**Obrázek I 5** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 500 Pa

$$\Delta p = 600 \text{ Pa}$$

Tabulka I 6 Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 600 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	6828,67	31220,94	7062,99
kepr 2/4	6902,00	27618,20	5828,56
atlas 1/5	7633,33	29449,87	6415,03
atlas 2/4	6625,33	28876,41	6172,16

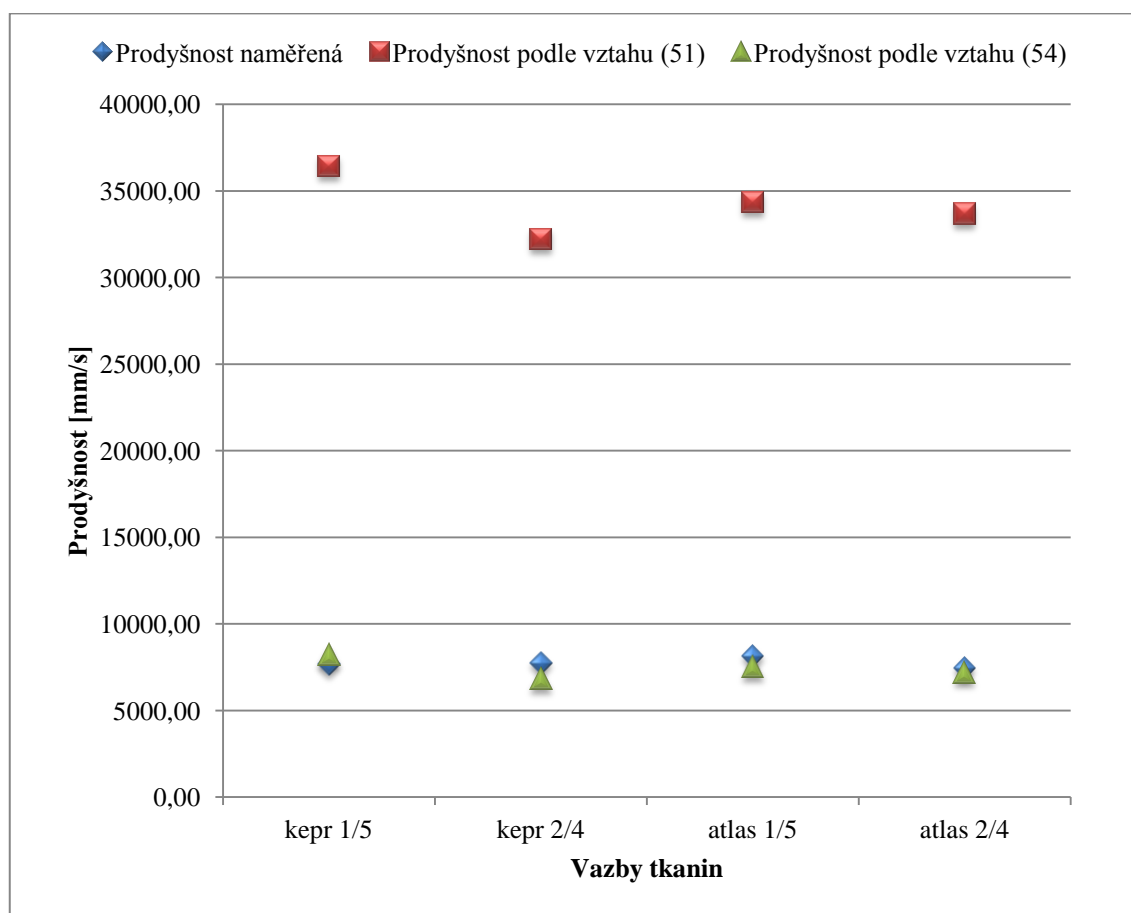


Obrázek I 6 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 600 Pa

$$\Delta p = 700 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 7** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 700 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	7666,00	36424,43	8240,16
kepr 2/4	7726,00	32221,23	6799,99
atlas 1/5	8154,67	34358,18	7484,20
atlas 2/4	7452,67	33689,14	7200,85

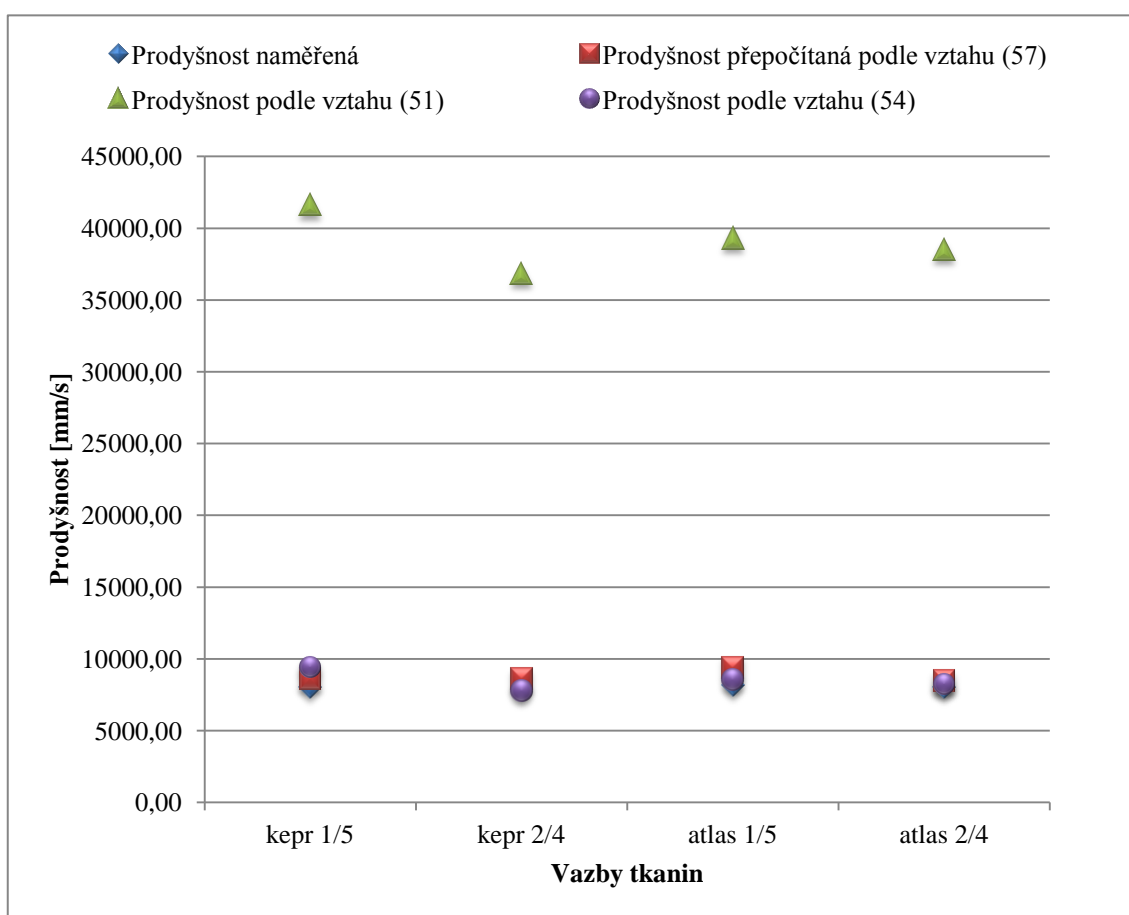


**Obrázek I 7** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 700 Pa

$$\Delta p = 800 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 8** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené, přepočítané podle vztahu (57) a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 800 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost přepočítaná podle vztahu (57) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	7998,00	8614,64	41627,92	9417,33
kepr 2/4	7967,33	8580,12	36824,26	7771,42
atlas 1/5	8154,67	9399,41	39266,50	8553,37
atlas 2/4	8006,00	8447,06	38501,88	8229,54

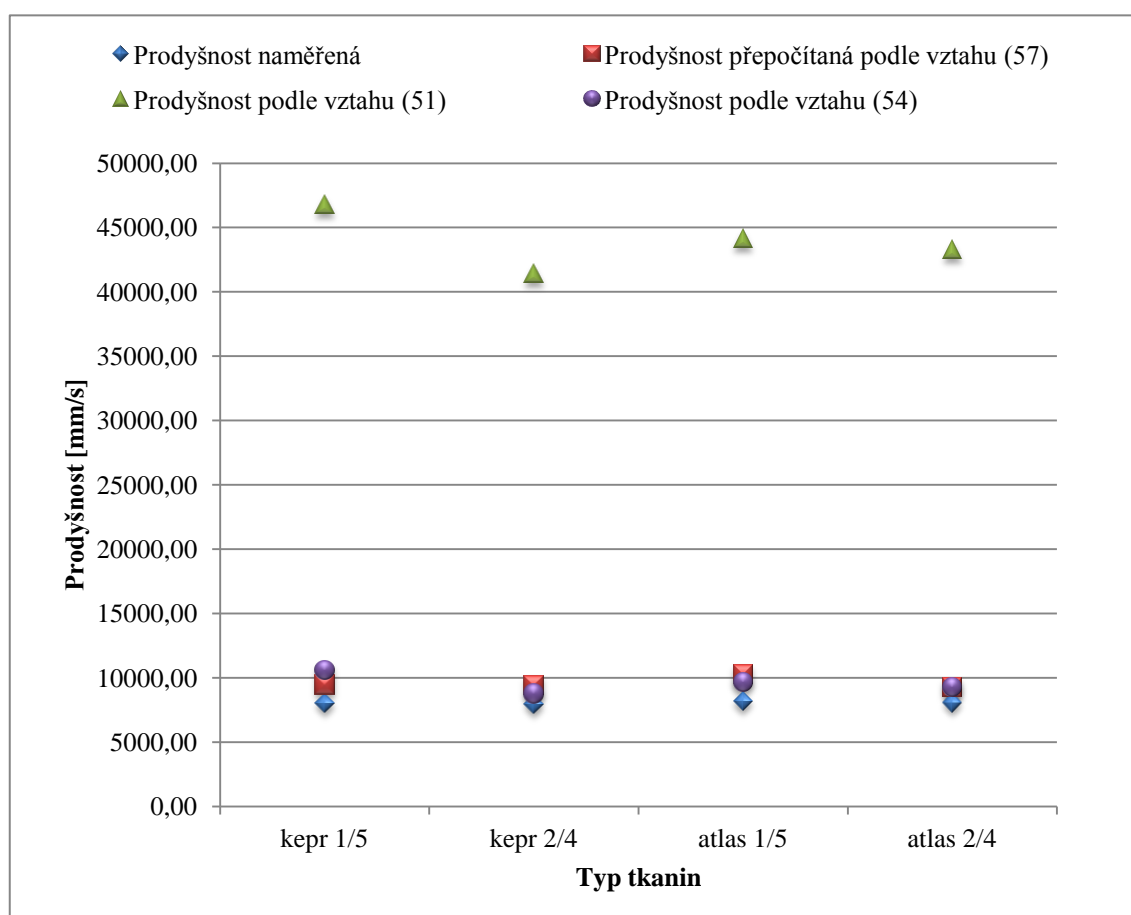


**Obrázek I 8** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené, přepočítané podle vztahu (57) a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 800 Pa

$$\Delta p = 900 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 9** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené, přepočítané podle vztahu (57) a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 900 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost přepočítaná podle vztahu (57) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	8016,67	9447,47	46831,41	10594,49
kepr 2/4	7957,33	9409,63	41427,29	8742,84
atlas 1/5	8151,33	10308,00	44174,81	9622,55
atlas 2/4	8056,00	9263,72	43314,61	9258,23

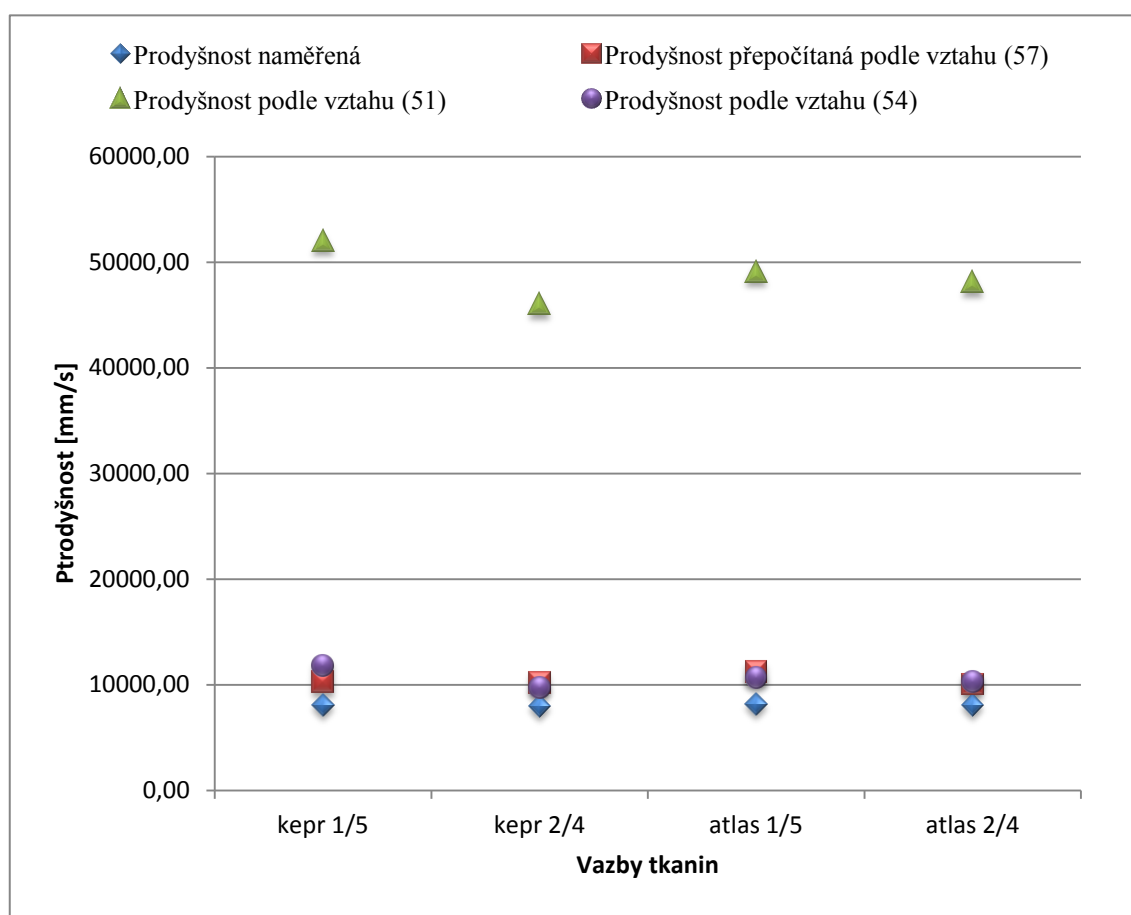


**Obrázek I 9** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené, přepočítané podle vztahu (57) a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 900 Pa

$$\Delta p = 1000 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 10** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené, přepočítané podle vztahu (57) a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 1000 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost přepočítaná podle vztahu (57) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
kepr 1/5	8015,33	10260,47	52034,90	11771,66
kepr 2/4	7968,67	10219,38	46030,33	9714,27
atlas 1/5	8145,33	11194,94	49083,12	10691,72
atlas 2/4	8034,00	10060,93	48127,35	10286,93



**Obrázek I 10** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené, přepočítané podle vztahu (57) a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 16,5 tex při tlakovém spádu 1000 Pa

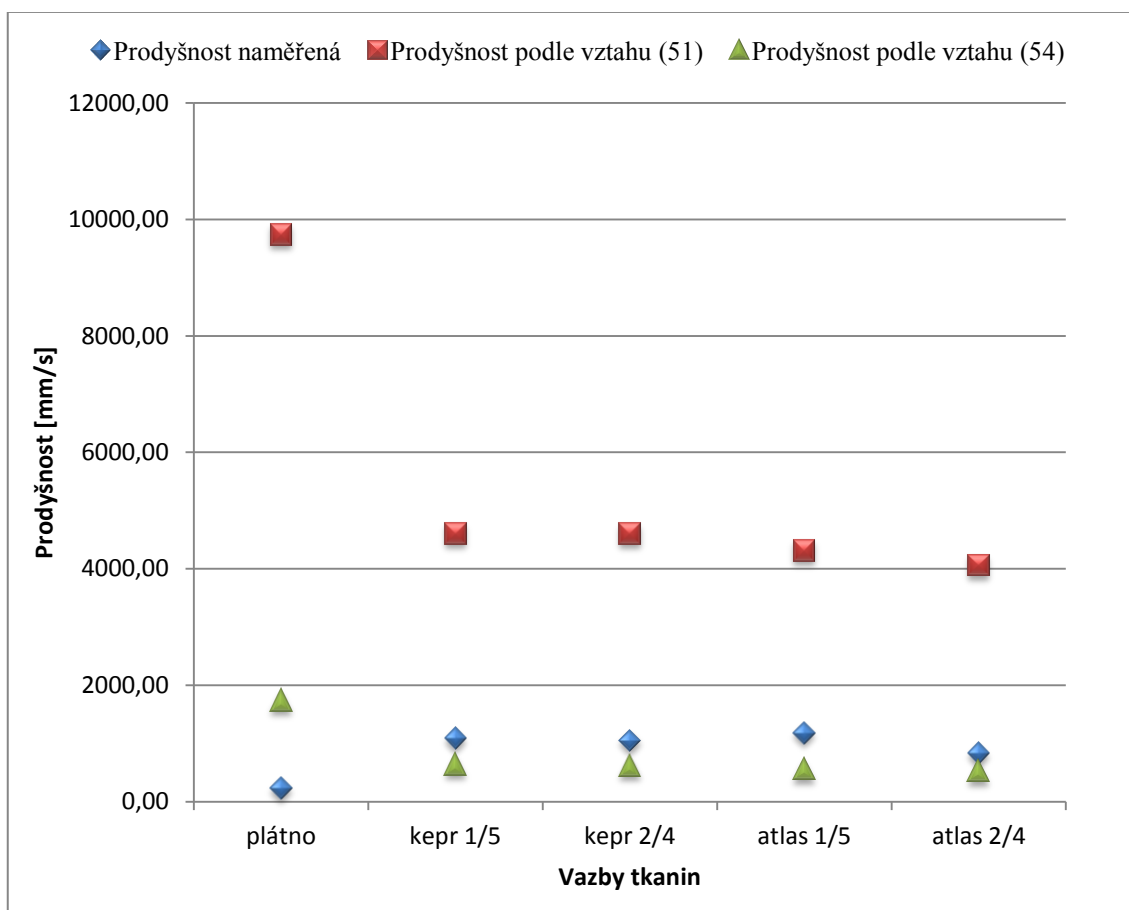


**PL 40 tex**

$$\Delta p = 100 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 11** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 100 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	230,67	9742,64	1737,68
kepr 1/5	1085,33	4605,62	638,04
kepr 2/4	1047,47	4601,71	616,61
atlas 1/5	1178,67	4317,45	562,12
atlas 2/4	834,87	4062,13	528,05

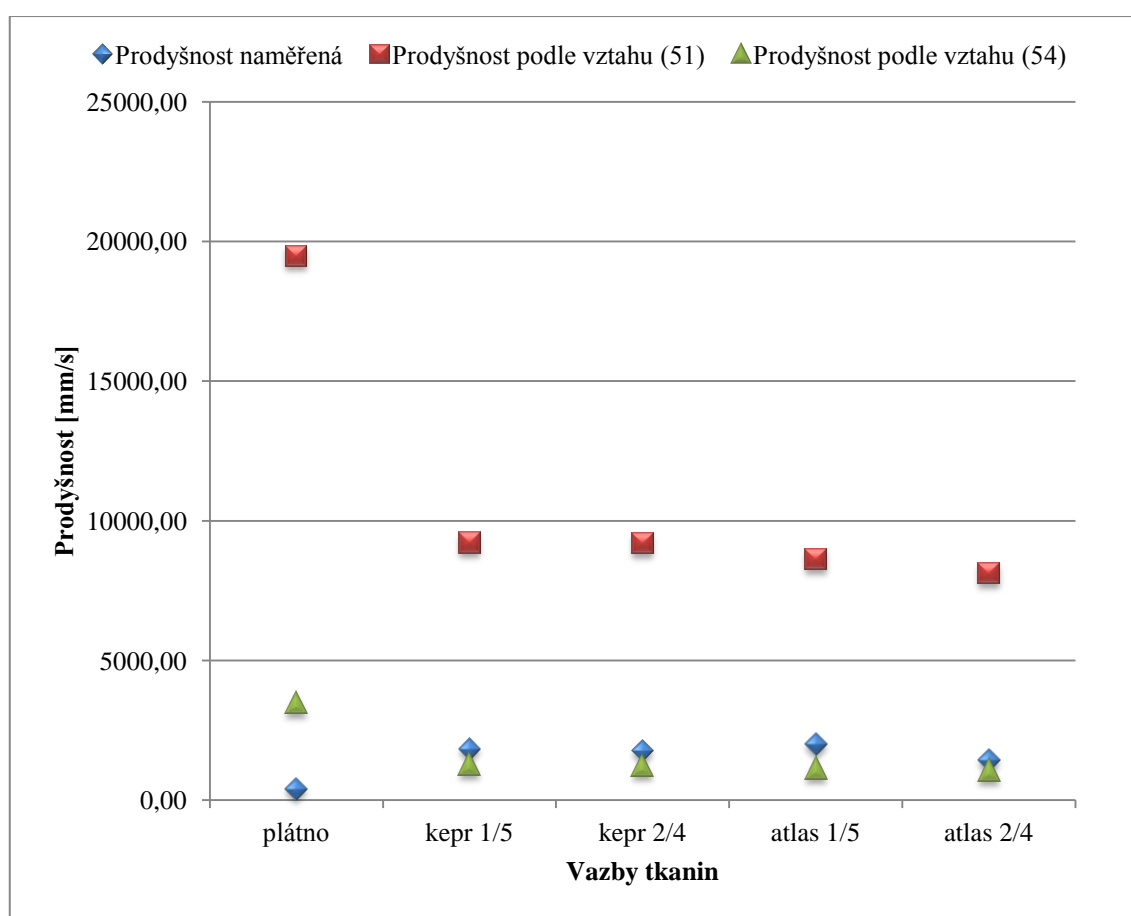


**Obrázek I 11** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 100 Pa

$$\Delta p = 200 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 12** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 200 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	402,20	19485,29	3475,36
kepr 1/5	1832,67	9211,23	1276,08
kepr 2/4	1770,67	9203,42	1233,22
atlas 1/5	1992,67	8634,90	1124,23
atlas 2/4	1427,33	8124,26	1056,09

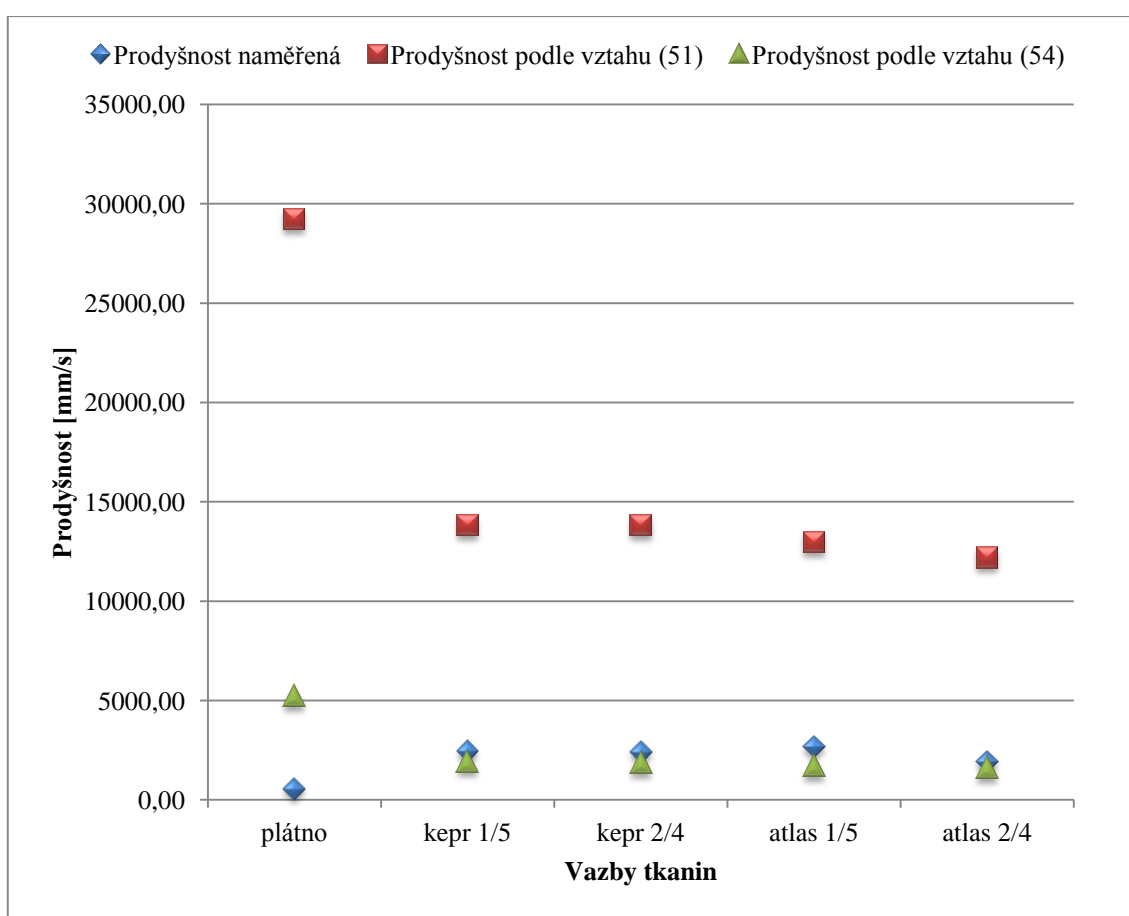


**Obrázek I 12** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 200 Pa

$$\Delta p = 300 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 13** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 300 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	551,07	29227,93	5213,04
kepr 1/5	2445,33	13816,85	1914,12
kepr 2/4	2382,67	13805,13	1849,84
atlas 1/5	2678,67	12952,35	1686,35
atlas 2/4	1929,33	12186,39	1584,14

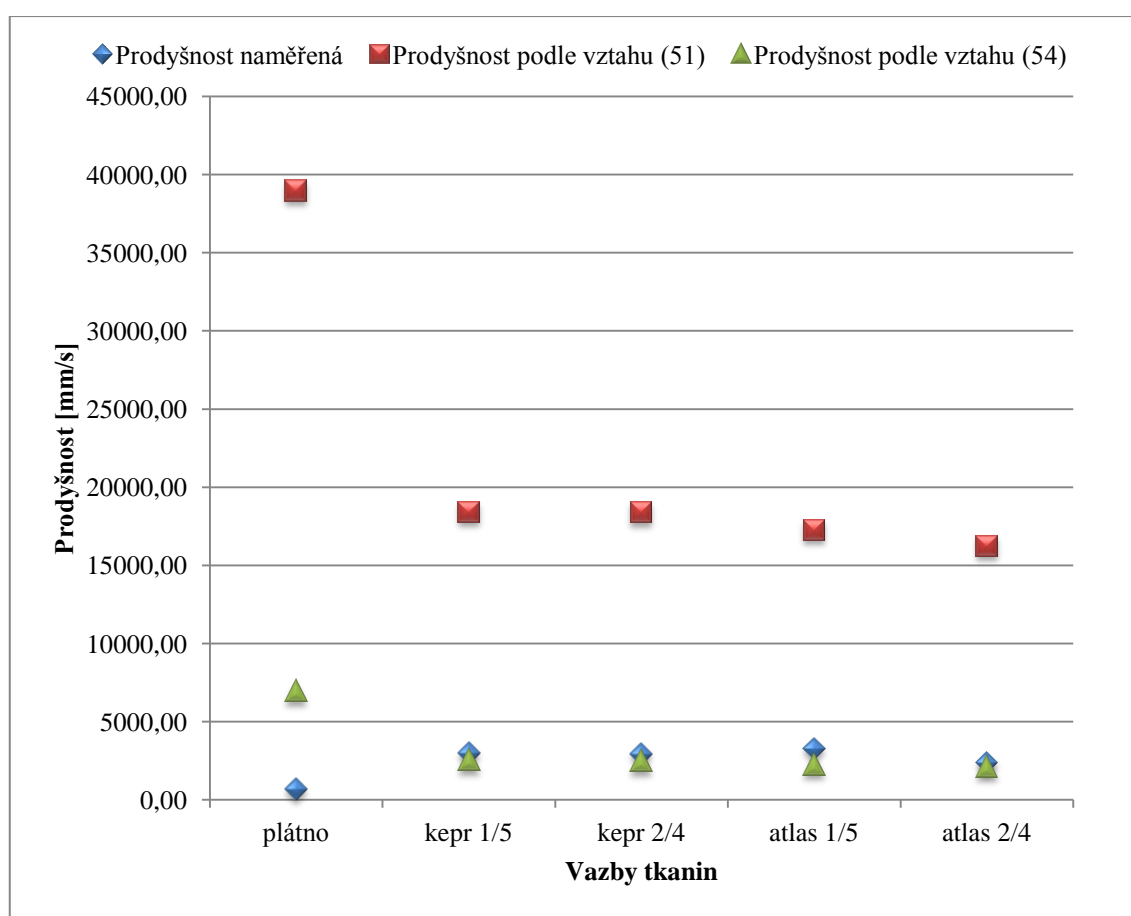


**Obrázek I 13** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 300 Pa

$$\Delta p = 400 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 14** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 400 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	687,00	38970,57	6950,72
kepr 1/5	2996,00	18422,46	2552,16
kepr 2/4	2930,00	18406,84	2466,45
atlas 1/5	3286,00	17269,80	2248,46
atlas 2/4	2380,67	16248,52	2112,19

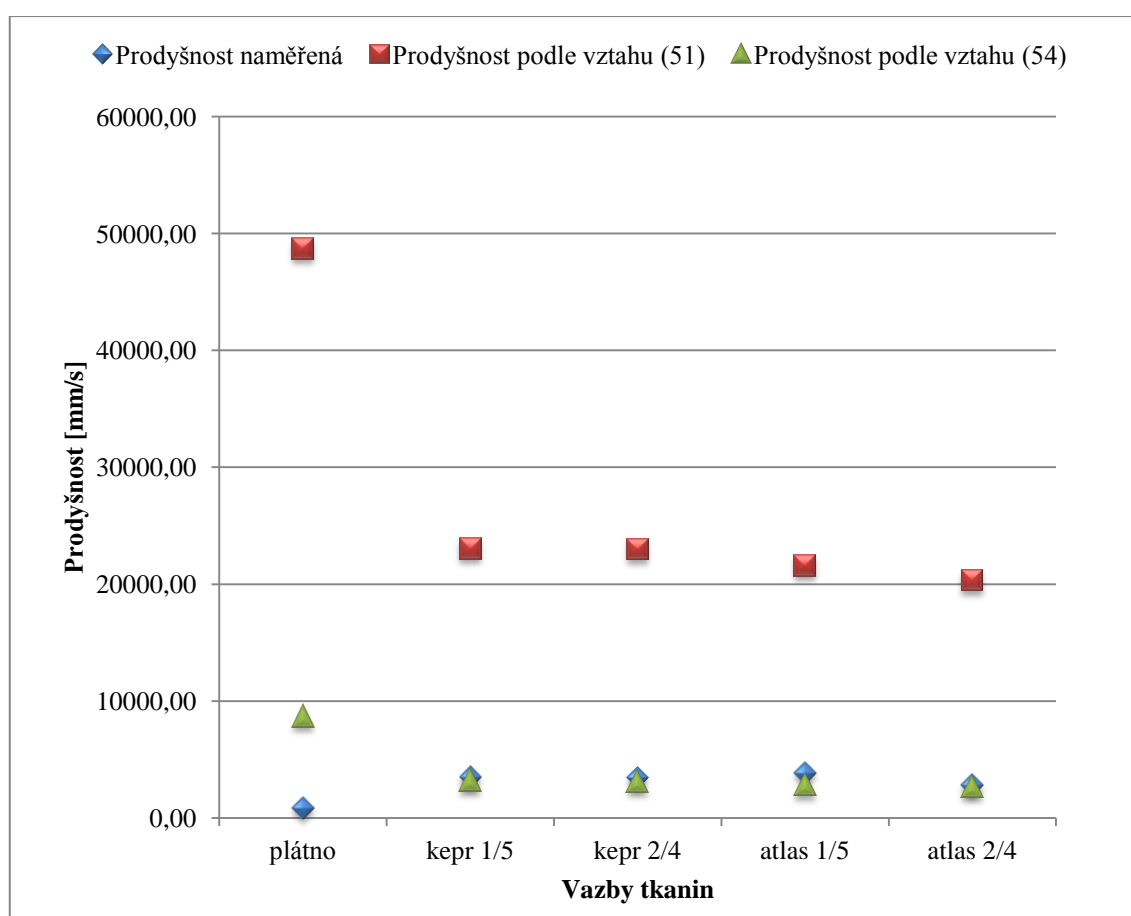


**Obrázek I 14** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 400 Pa

$$\Delta p = 500 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 15** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 500 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	810,33	48713,21	8688,40
kepr 1/5	3498,67	23028,08	3190,20
kepr 2/4	3444,67	23008,55	3083,06
atlas 1/5	3834,67	21587,25	2810,58
atlas 2/4	2802,00	20310,65	2640,24

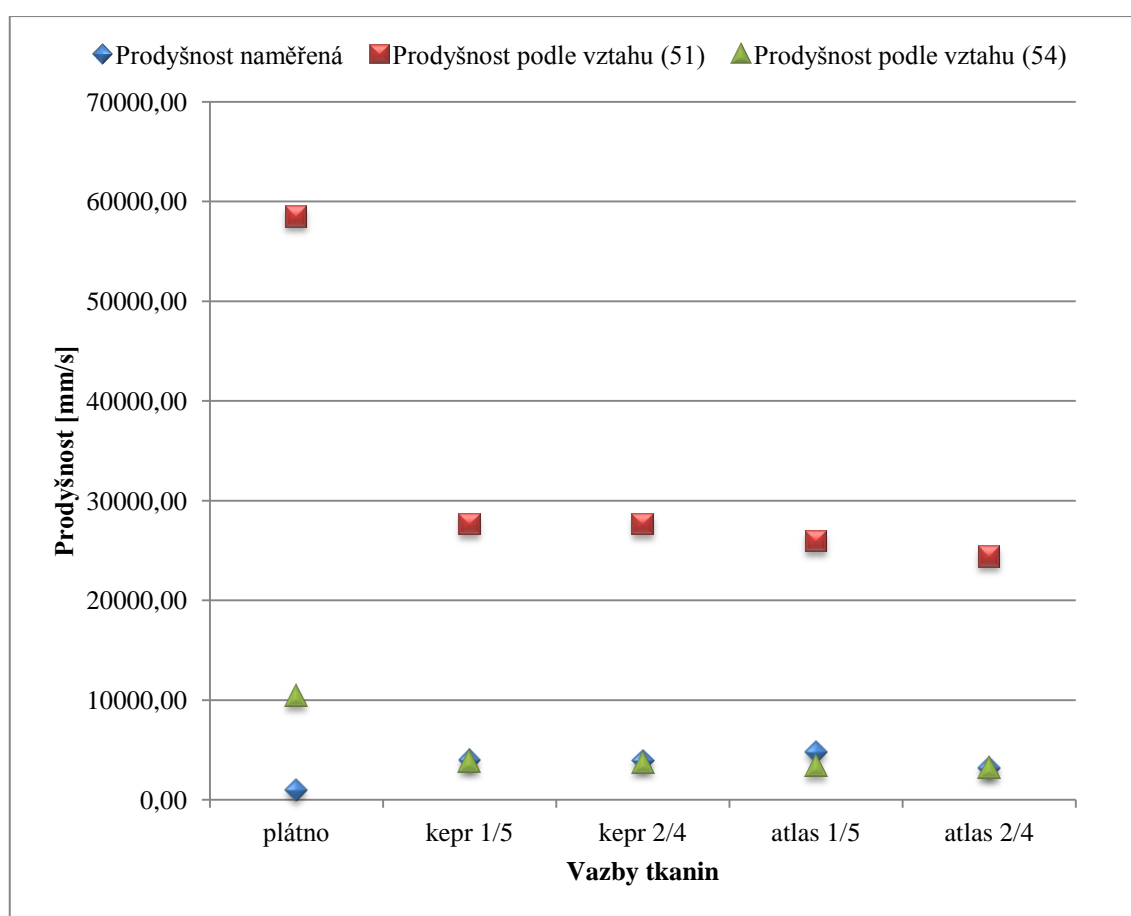


**Obrázek I 15** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 500 Pa

$$\Delta p = 600 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 16** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 600 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	929,40	58455,86	10426,08
kepr 1/5	3986,67	27633,69	3828,24
kepr 2/4	3926,00	27610,26	3699,67
atlas 1/5	4788,00	25904,70	3372,69
atlas 2/4	3204,00	24372,78	3168,28

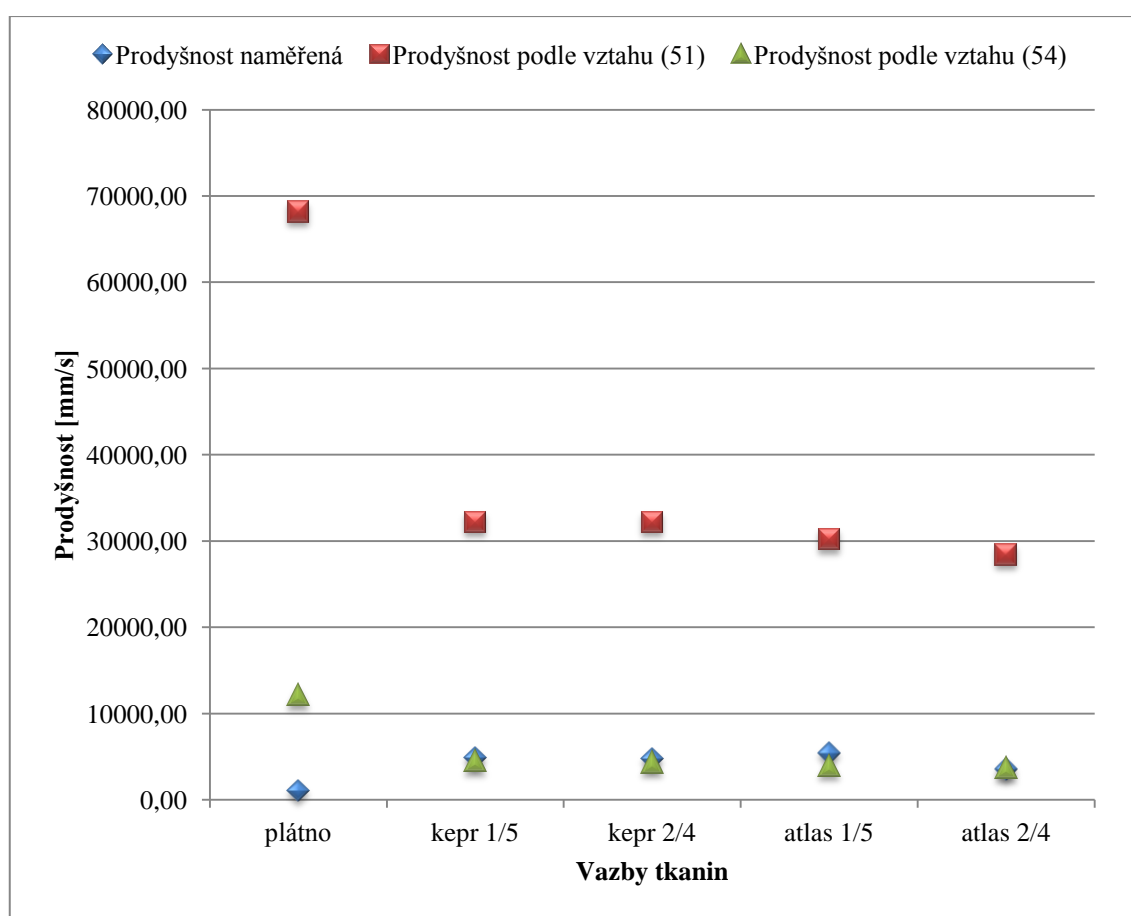


**Obrázek I 16** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 600 Pa

$$\Delta p = 700 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 17** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 700 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	1042,33	68198,50	12163,76
kepr 1/5	4892,00	32239,31	4466,28
kepr 2/4	4757,33	32211,97	4316,28
atlas 1/5	5412,00	30222,15	3934,81
atlas 2/4	3588,67	28434,91	3696,33

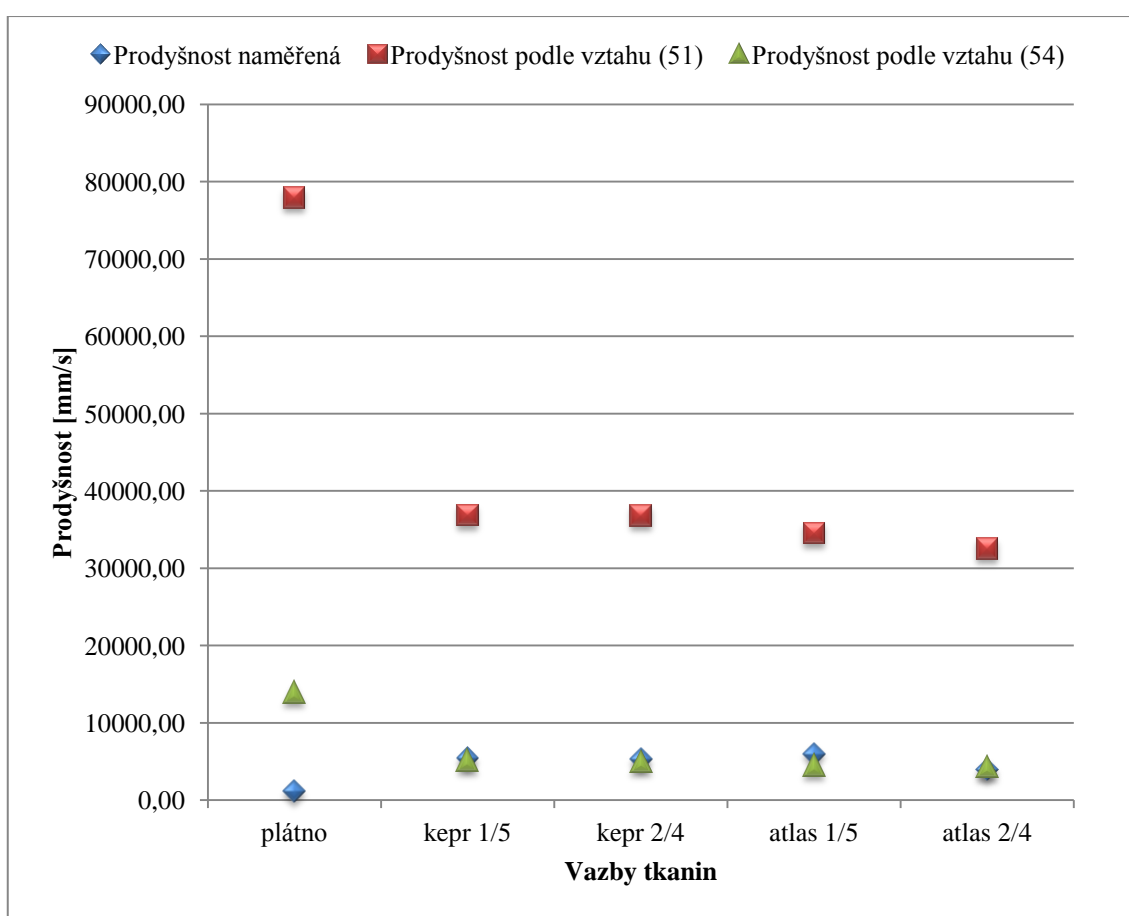


**Obrázek I 17** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 700 Pa

$$\Delta p = 800 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 18** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 800 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	1145,87	77941,14	13901,44
kepr 1/5	5378,67	36844,93	5104,31
kepr 2/4	5262,00	36813,68	4932,89
atlas 1/5	5952,67	34539,60	4496,92
atlas 2/4	3954,67	32497,04	4224,38



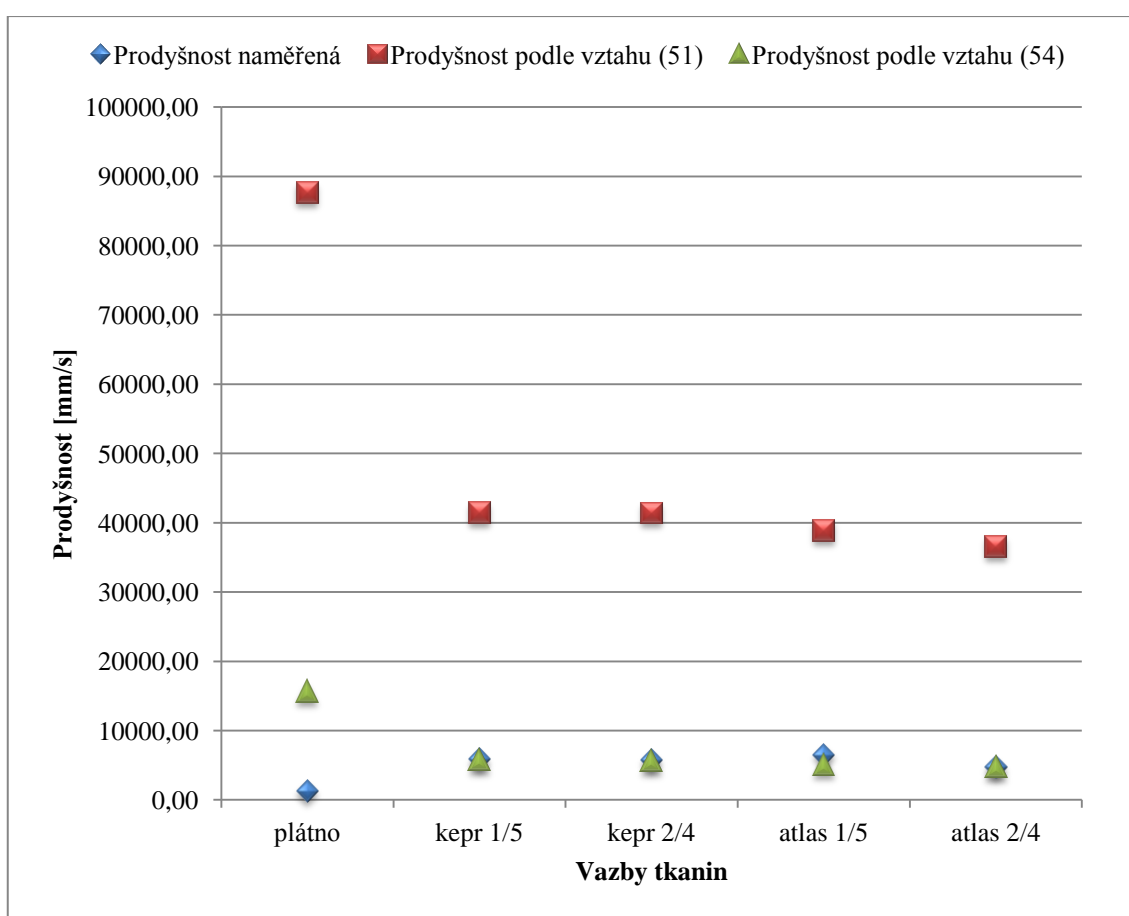
**Obrázek I 18** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 800 Pa



$$\Delta p = 900 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 19** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 900 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	1262,00	87683,78	15639,12
kepr 1/5	5861,33	41450,54	5742,35
kepr 2/4	5750,67	41415,39	5549,51
atlas 1/5	6503,33	38857,05	5059,04
atlas 2/4	4681,33	36559,17	4752,42

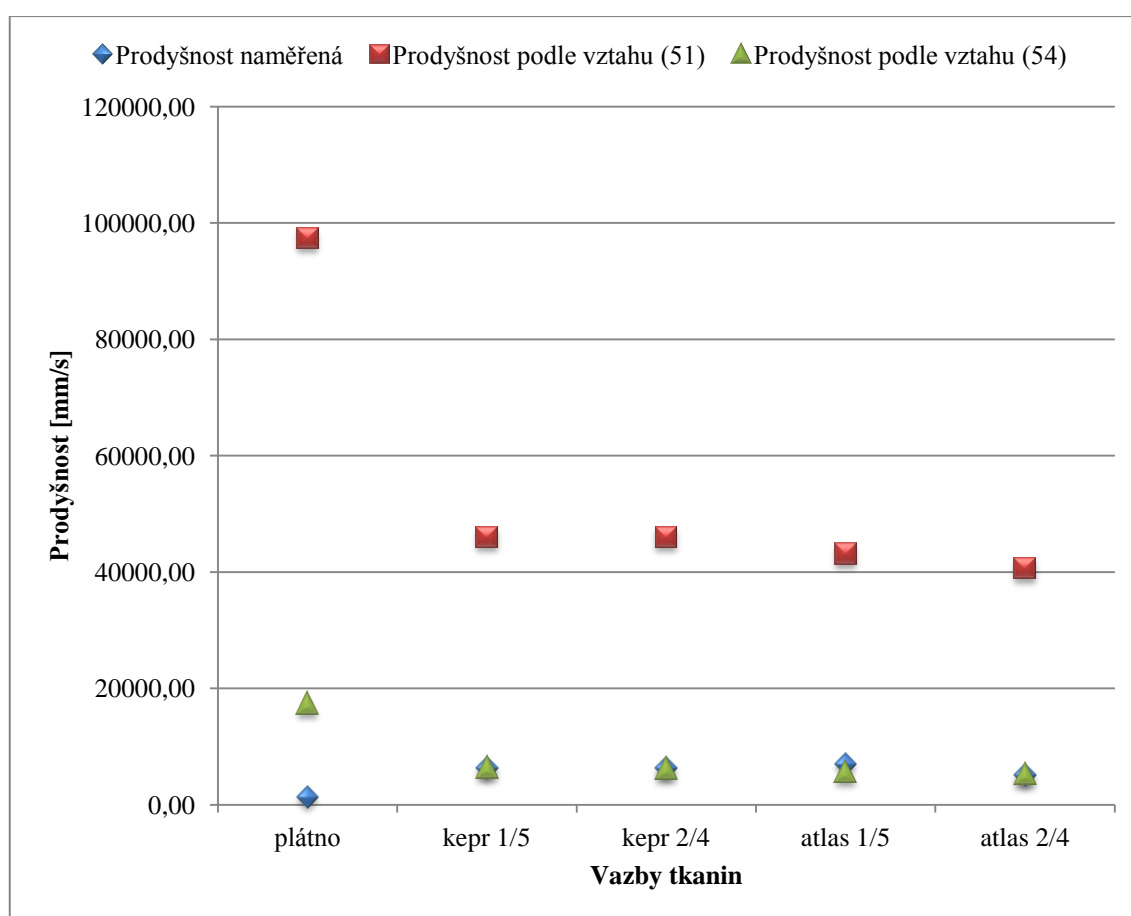


**Obrázek I 19** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 900 Pa

$$\Delta p = 1000 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 20** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 1000 Pa

	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno	1366,00	97426,43	17376,80
kepr 1/5	6323,33	46056,16	6380,39
kepr 2/4	6258,00	46017,10	6166,12
atlas 1/5	7018,00	43174,50	5621,15
atlas 2/4	5060,00	40621,30	5280,47



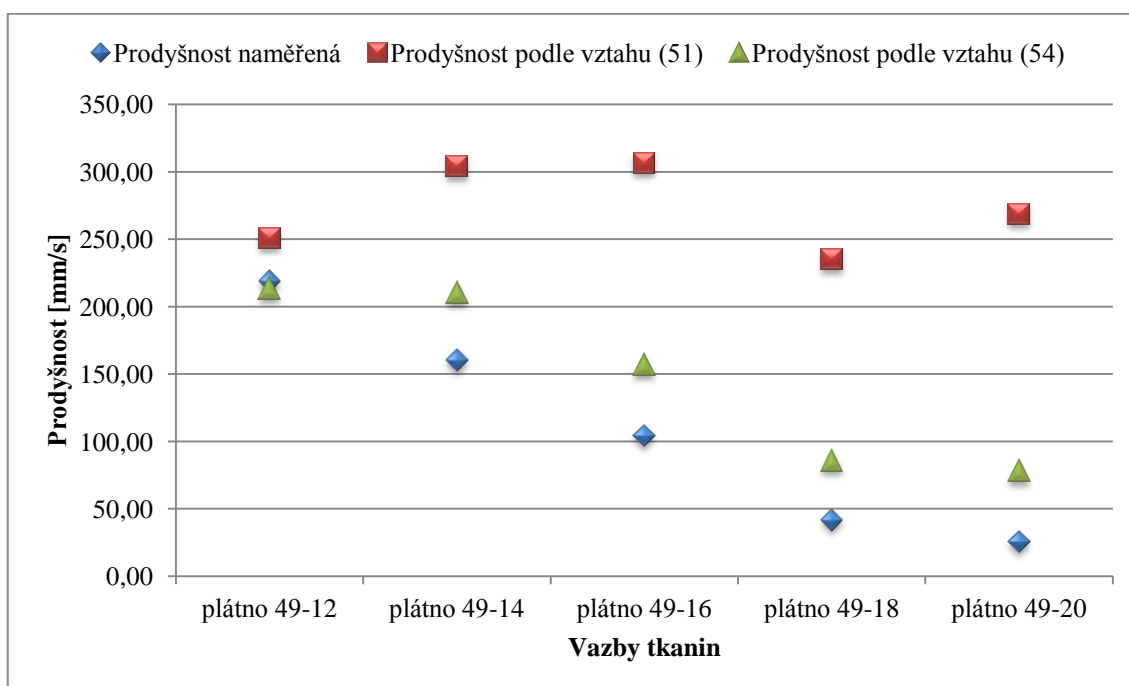
**Obrázek I 20** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) staplových PL tkanin; T = 40 tex při tlakovém spádu 1000 Pa

**PA 22 tex**

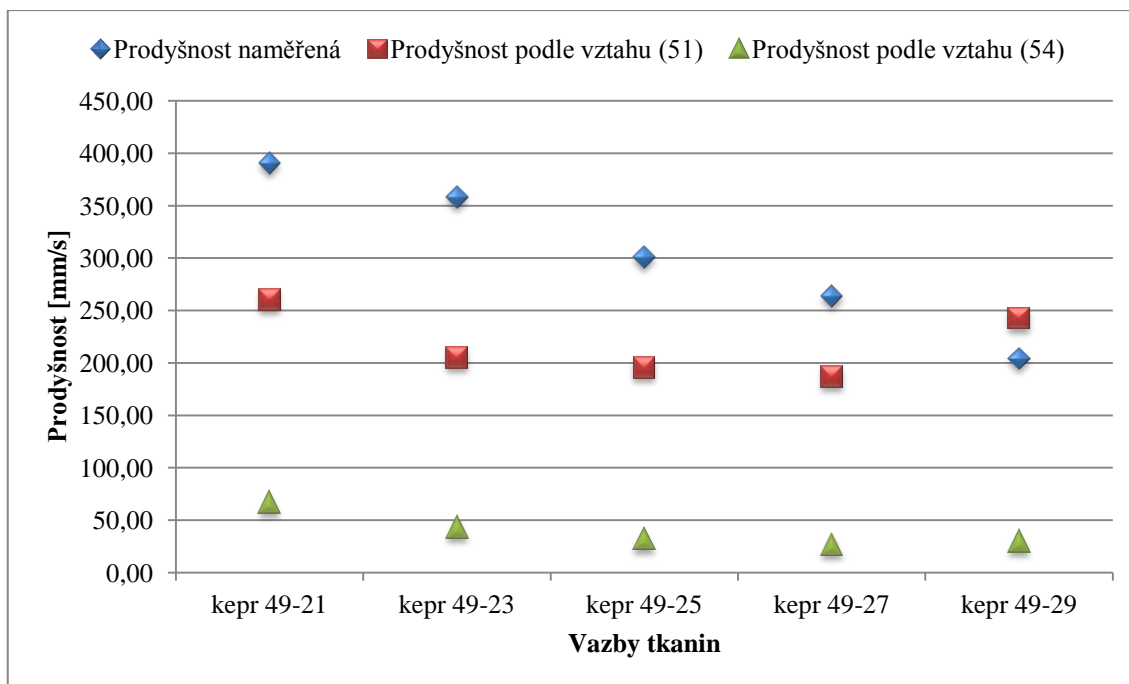
$$\Delta p = 100 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 21** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 100 Pa

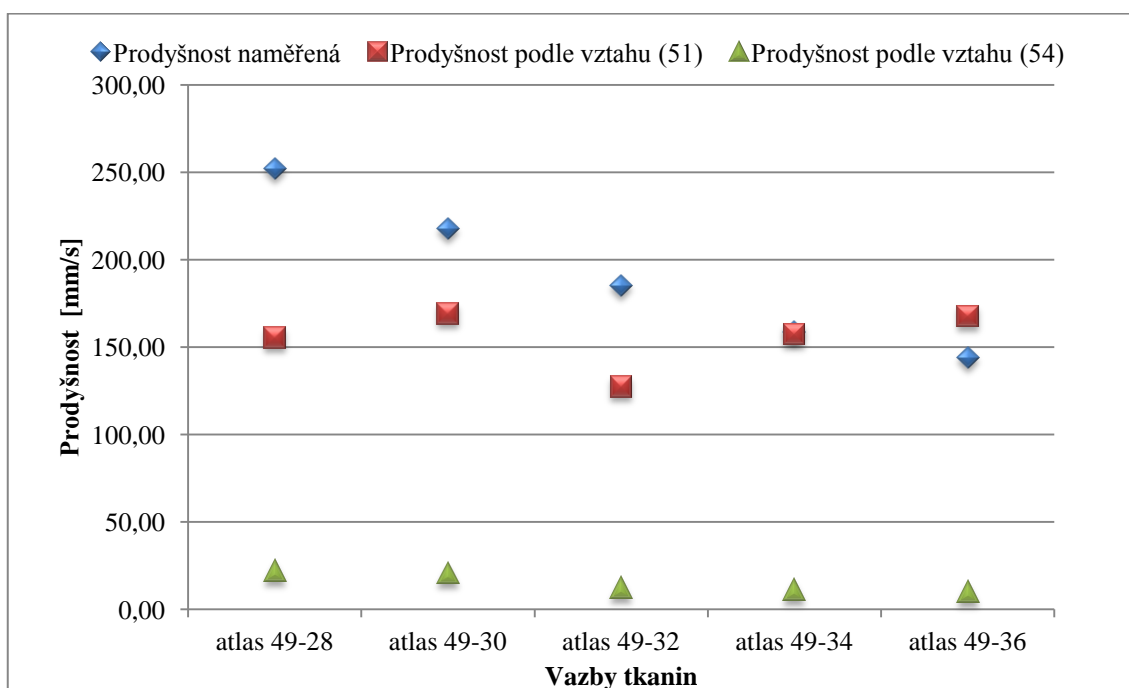
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno 49-12	218,67	250,98	213,22
plátno 49-14	160,00	304,27	210,36
plátno 49-16	104,23	306,65	156,60
plátno 49-18	41,71	235,05	85,79
plátno 49-20	25,65	268,82	77,91
kepr 49-21	390,60	260,32	66,87
kepr 49-23	358,07	204,80	42,99
kepr 49-25	300,60	195,47	32,17
kepr 49-27	263,73	186,88	26,46
kepr 49-29	204,07	242,38	29,48
atlas 49-28	252,13	155,52	21,89
atlas 49-30	217,67	169,17	20,61
atlas 49-32	185,13	127,53	12,09
atlas 49-34	158,60	157,37	11,08
atlas 49-36	143,87	167,68	9,73



**Obrázek I 21** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) plátňových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 100 Pa



Obrázek I 22 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 100 Pa

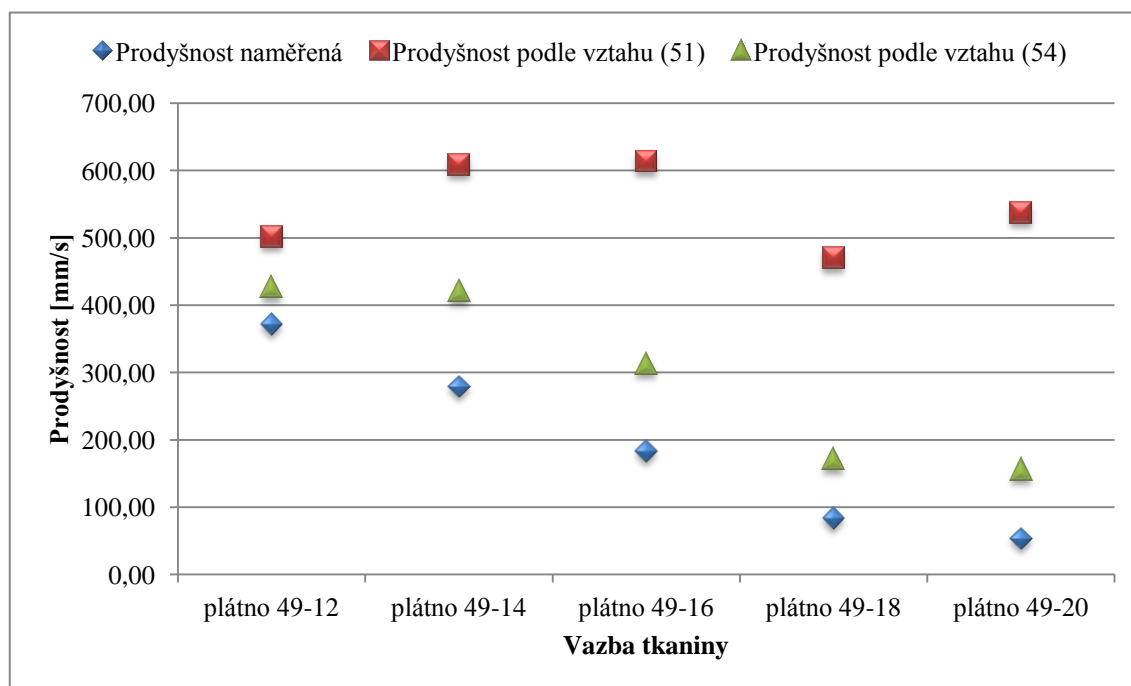


Obrázek I 23 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) atlasových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 100 Pa

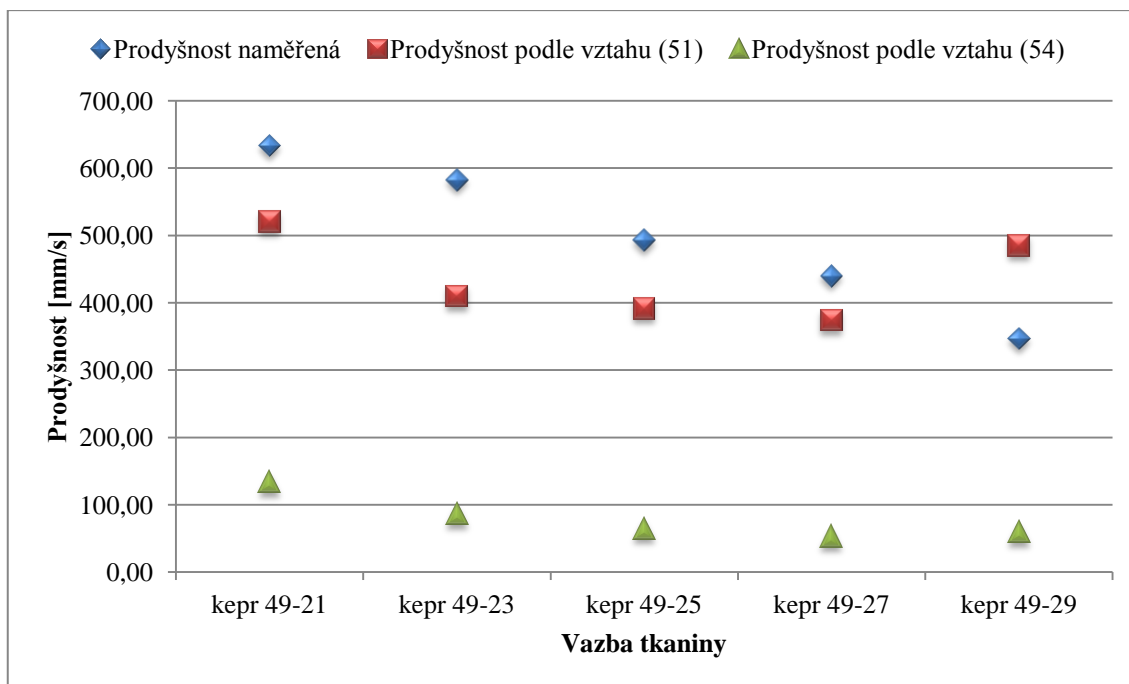
$$\Delta p = 200 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 22** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 200 Pa

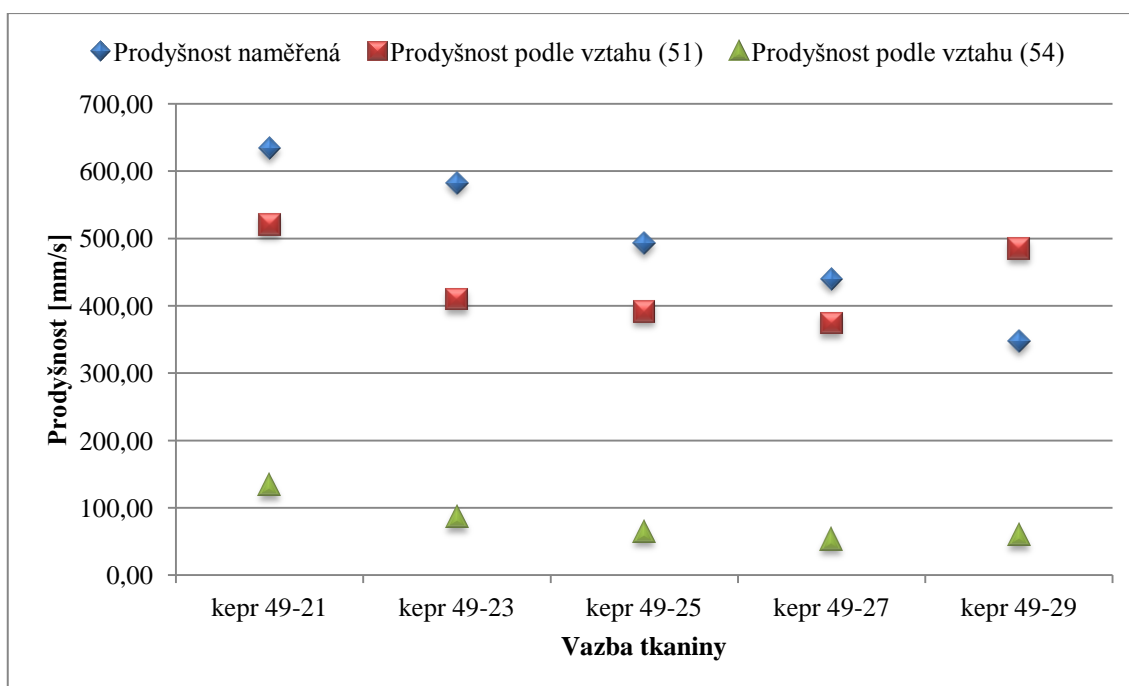
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno 49-12	372,07	501,95	426,45
plátno 49-14	279,07	608,53	420,72
plátno 49-16	183,27	613,29	313,21
plátno 49-18	83,67	470,10	171,57
plátno 49-20	53,23	537,64	155,81
kepr 49-21	633,47	520,64	133,73
kepr 49-23	582,60	409,61	85,98
kepr 49-25	492,80	390,93	64,33
kepr 49-27	440,07	373,75	52,92
kepr 49-29	346,73	484,75	58,97
atlas 49-28	425,00	311,04	43,79
atlas 49-30	373,60	338,34	41,23
atlas 49-32	323,53	255,07	24,19
atlas 49-34	282,20	314,74	22,16
atlas 49-36	257,00	335,35	19,47



**Obrázek I 24** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) plátnových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 200 Pa



Obrázek I 25 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 200 Pa

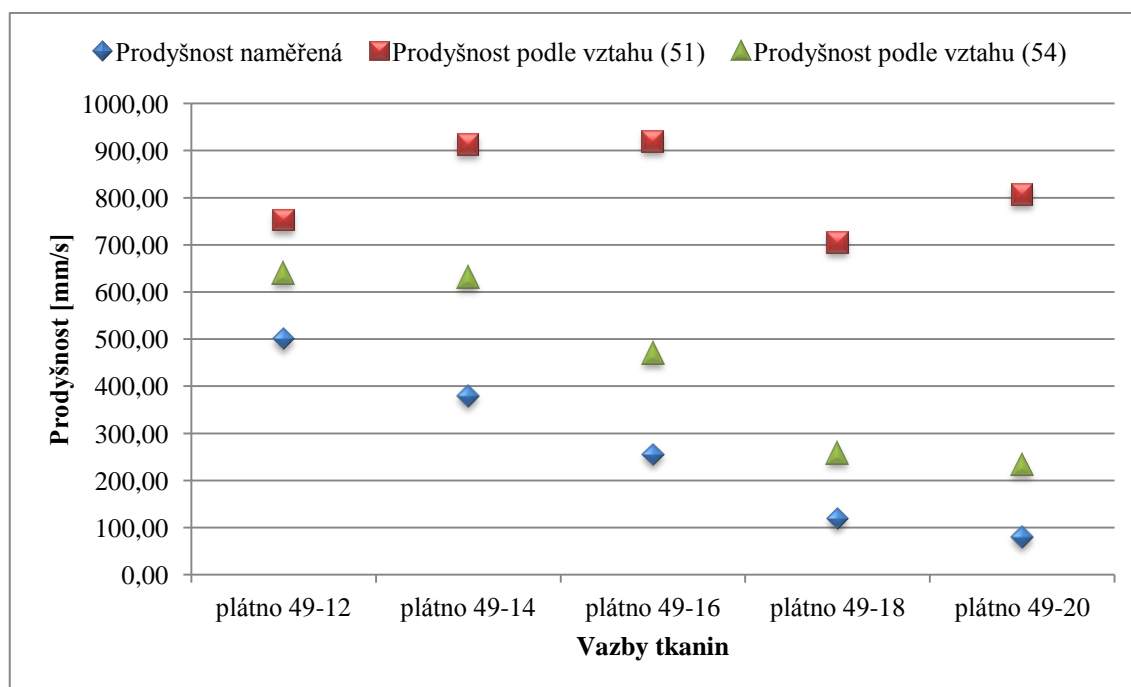


Obrázek I 26 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) atlasových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 200 Pa

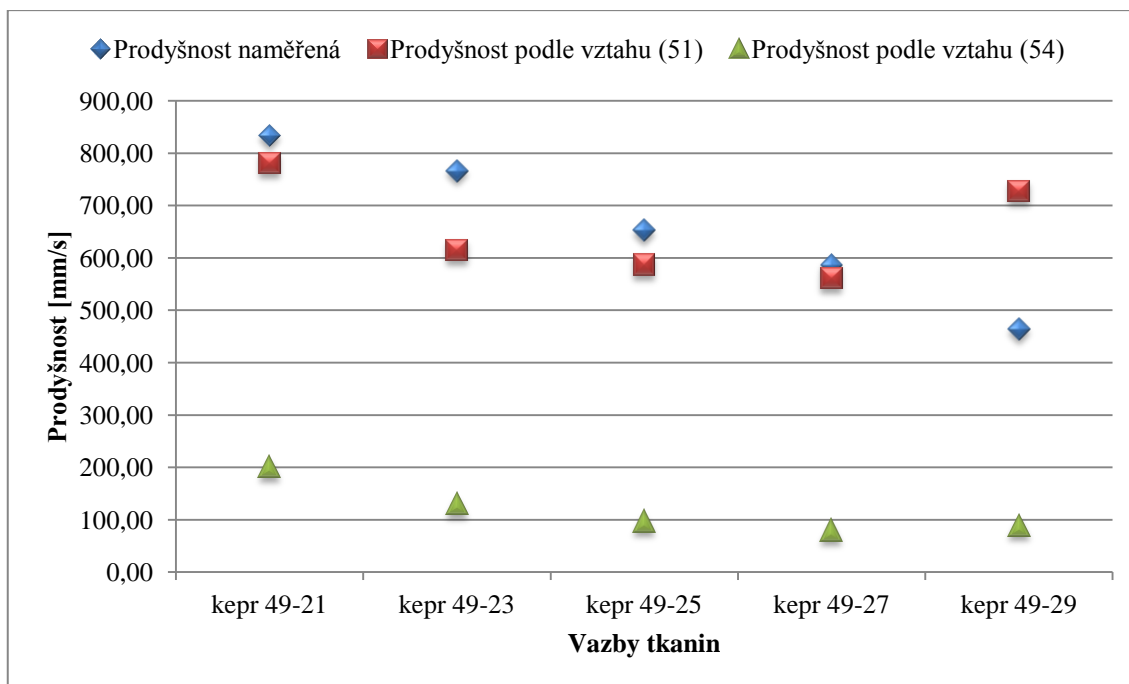
$$\Delta p = 300 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 23** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 300 Pa

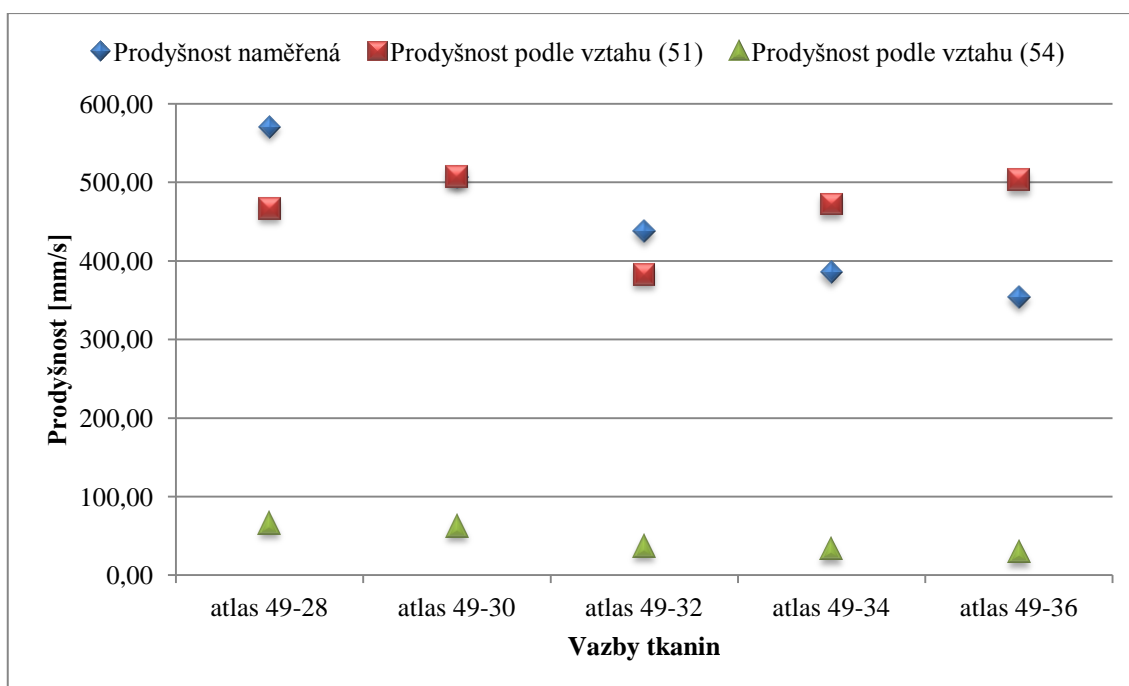
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno 49-12	500,73	752,93	639,67
plátno 49-14	379,53	912,80	631,08
plátno 49-16	254,67	919,94	469,81
plátno 49-18	119,33	705,15	257,36
plátno 49-20	79,95	806,46	233,72
kepr 49-21	833,27	780,96	200,60
kepr 49-23	765,93	614,41	128,98
kepr 49-25	652,27	586,40	96,50
kepr 49-27	585,60	560,63	79,38
kepr 49-29	464,27	727,13	88,45
atlas 49-28	570,73	466,56	65,68
atlas 49-30	505,87	507,51	61,84
atlas 49-32	437,80	382,60	36,28
atlas 49-34	385,40	472,12	33,24
atlas 49-36	353,33	503,03	29,20



**Obrázek I 27** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) plátňových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 300 Pa



Obrázek I 28 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 300 Pa



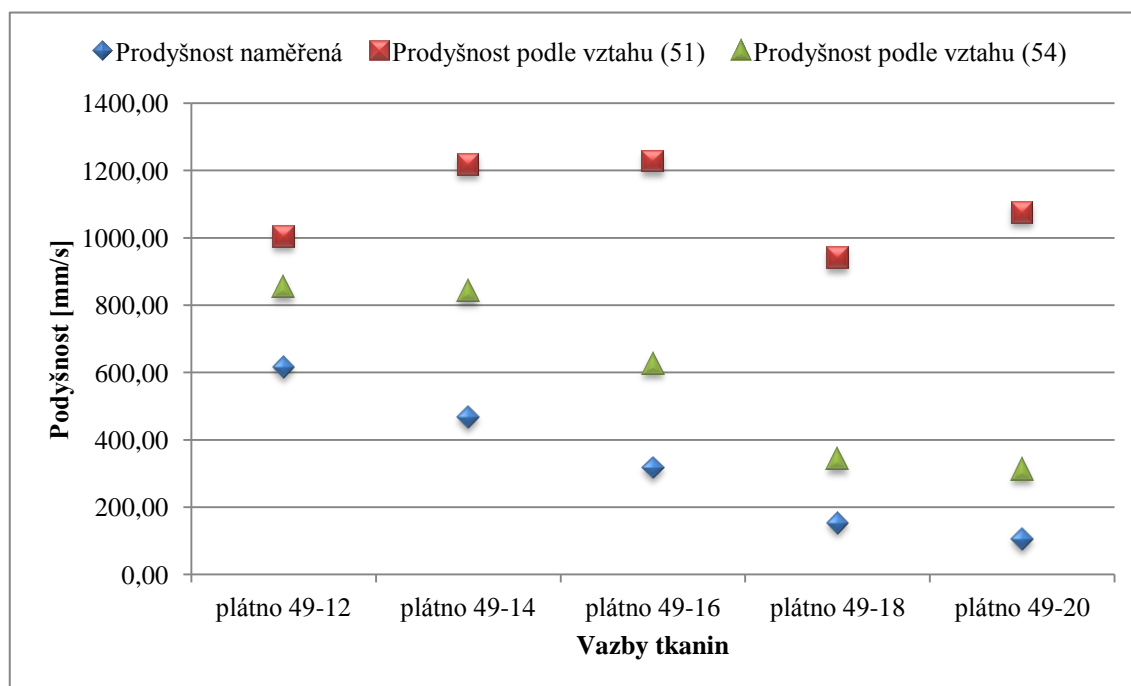
Obrázek I 29 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) atlasových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 300 Pa



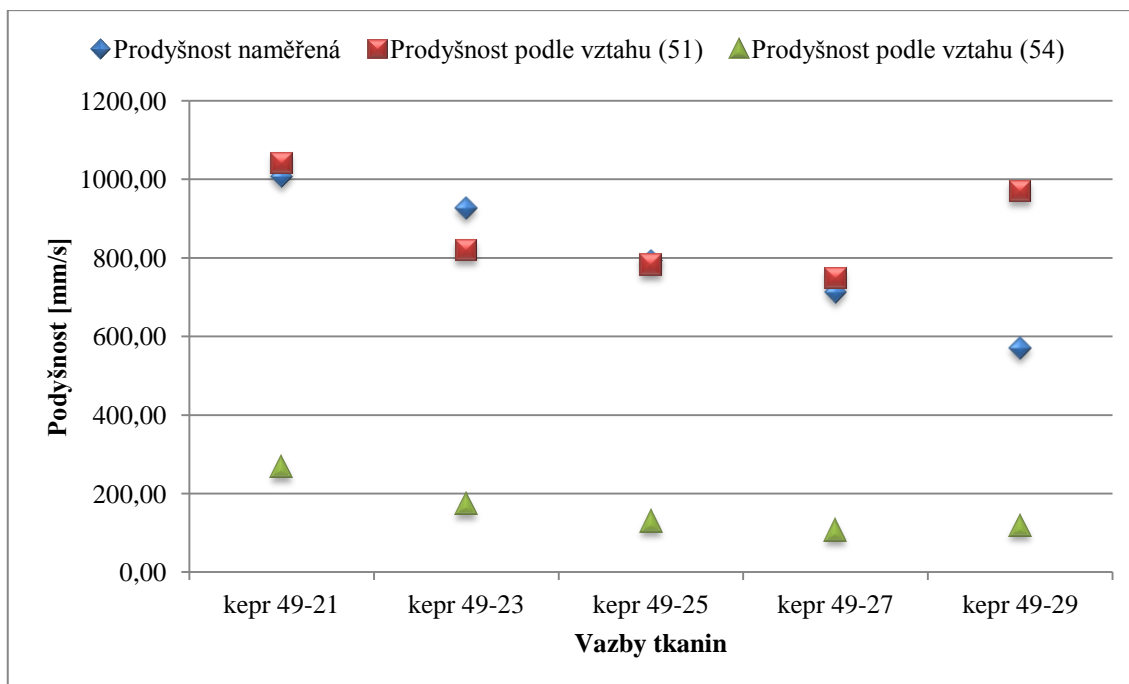
$$\Delta p = 400 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 24** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 400 Pa

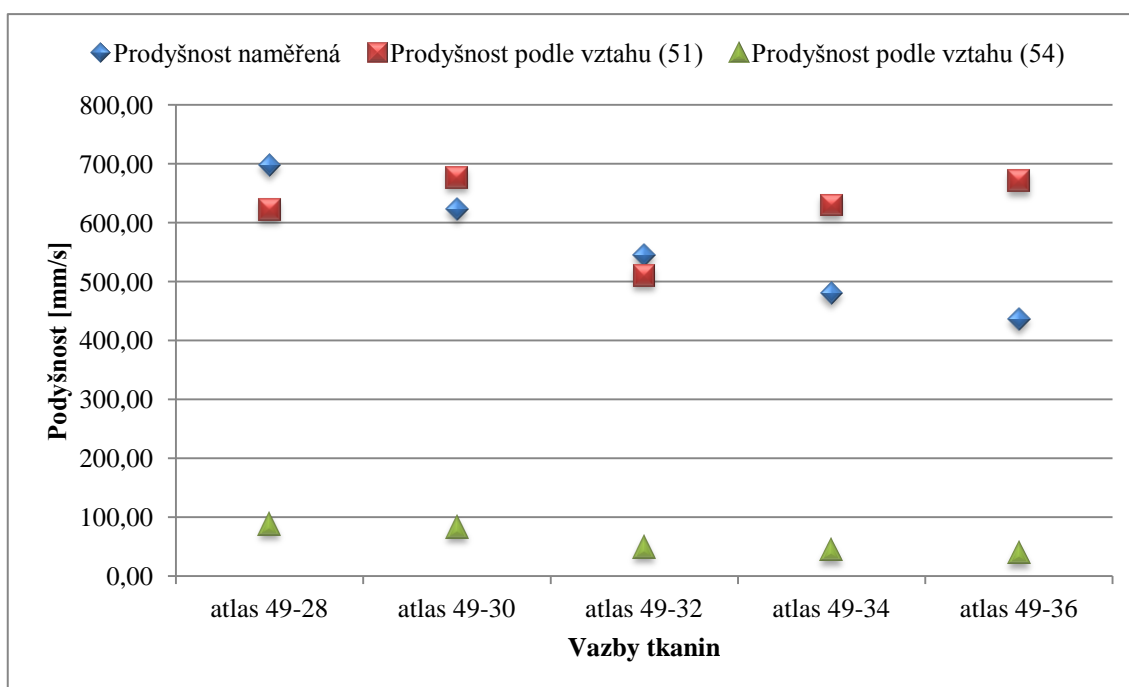
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno 49-12	615,53	1003,90	852,90
plátno 49-14	467,40	1217,06	841,45
plátno 49-16	318,40	1226,58	626,42
plátno 49-18	153,87	940,20	343,14
plátno 49-20	104,79	1075,28	311,62
kepr 49-21	1006,73	1041,28	267,47
kepr 49-23	927,20	819,22	171,97
kepr 49-25	793,27	781,86	128,67
kepr 49-27	712,73	747,50	105,85
kepr 49-29	570,40	969,51	117,93
atlas 49-28	697,53	622,08	87,57
atlas 49-30	623,07	676,69	82,46
atlas 49-32	544,13	510,14	48,38
atlas 49-34	479,27	629,49	44,33
atlas 49-36	436,13	670,70	38,94



**Obrázek I 30** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) plátňových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 400 Pa



Obrázek I 31 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 400 Pa

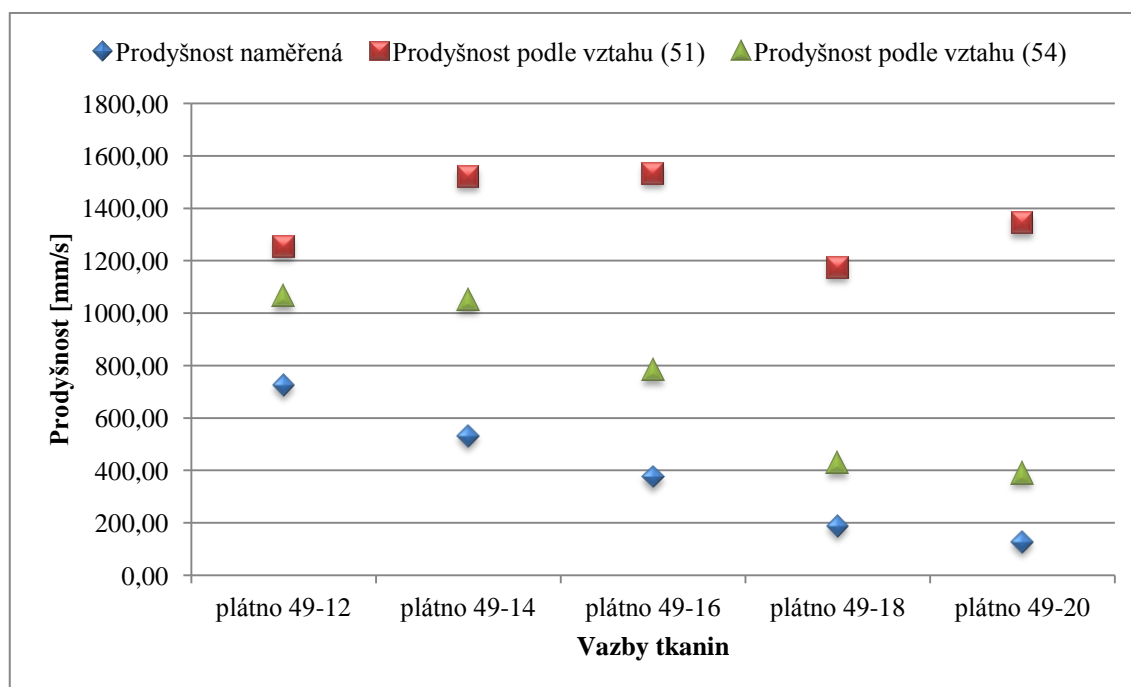


Obrázek I 32 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) atlasových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 400 Pa

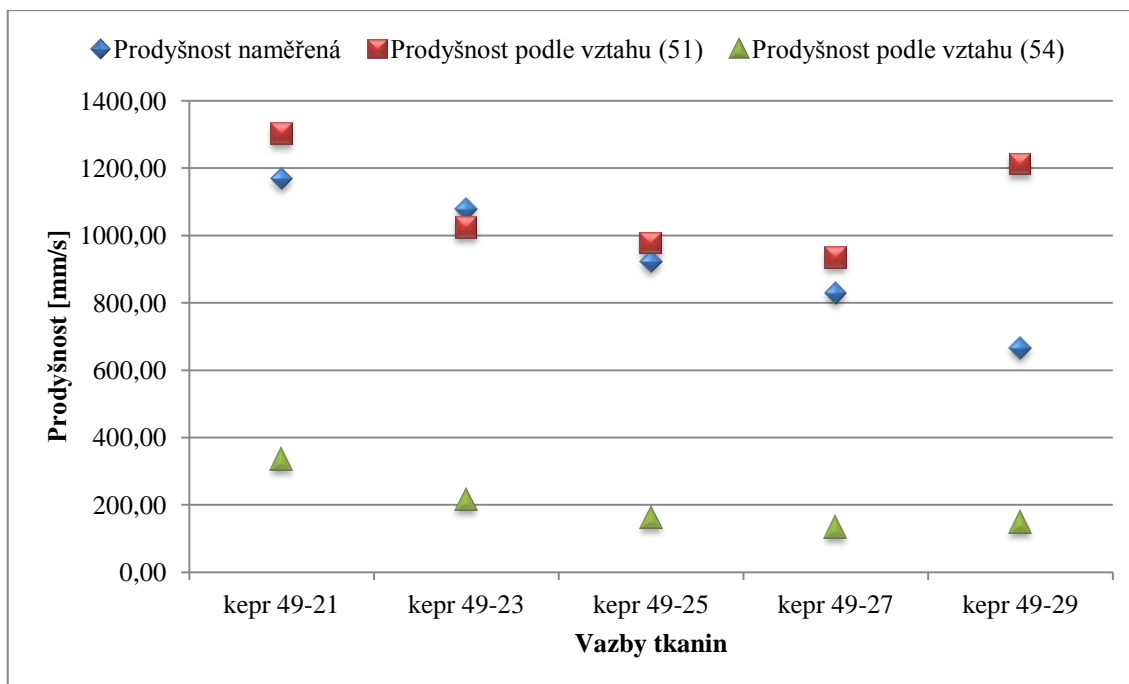
$$\Delta p = 500 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 25** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 500 Pa

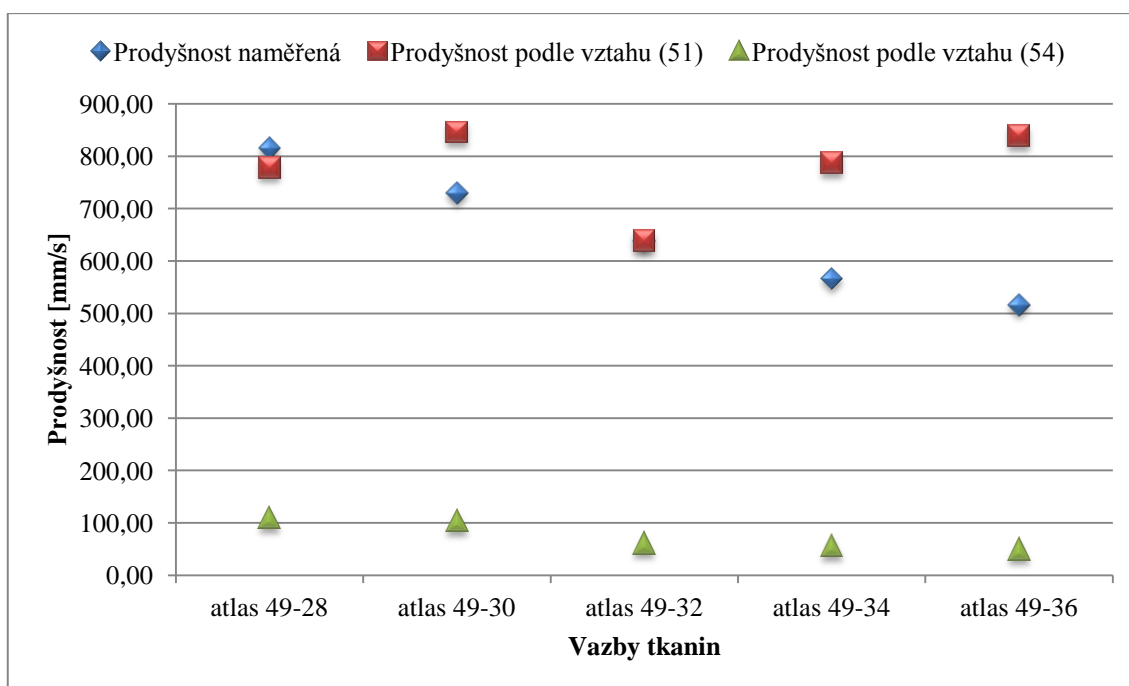
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno 49-12	723,67	1254,88	1066,12
plátno 49-14	530,13	1521,33	1051,81
plátno 49-16	376,27	1533,23	783,02
plátno 49-18	187,40	1175,25	428,93
plátno 49-20	126,60	1344,09	389,53
kepr 49-21	1168,67	1301,6	334,34
kepr 49-23	1078,00	1024,02	214,96
kepr 49-25	921,80	977,33	160,83
kepr 49-27	828,93	934,38	132,31
kepr 49-29	665,53	1211,89	147,41
atlas 49-28	815,93	777,60	109,47
atlas 49-30	729,67	845,86	103,07
atlas 49-32	638,47	637,67	60,47
atlas 49-34	566,53	786,86	55,41
atlas 49-36	515,93	838,38	48,67



**Obrázek I 33** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) plátnových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 500 Pa



Obrázek I 34 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 500 Pa

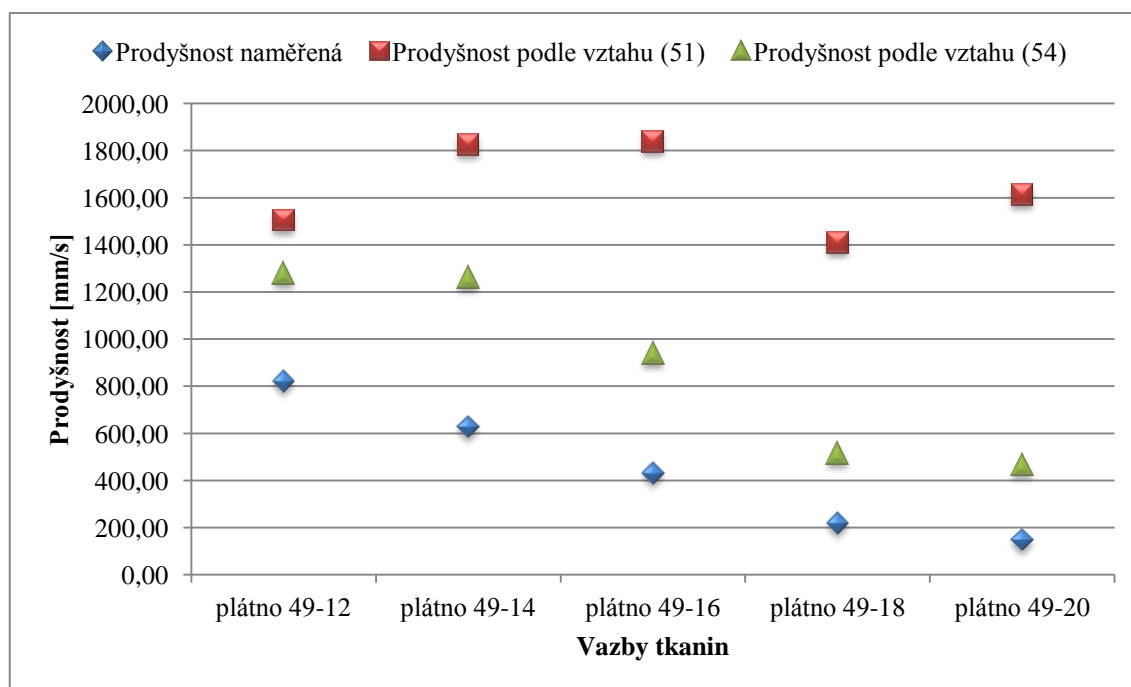


Obrázek I 35 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) atlasových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 500 Pa

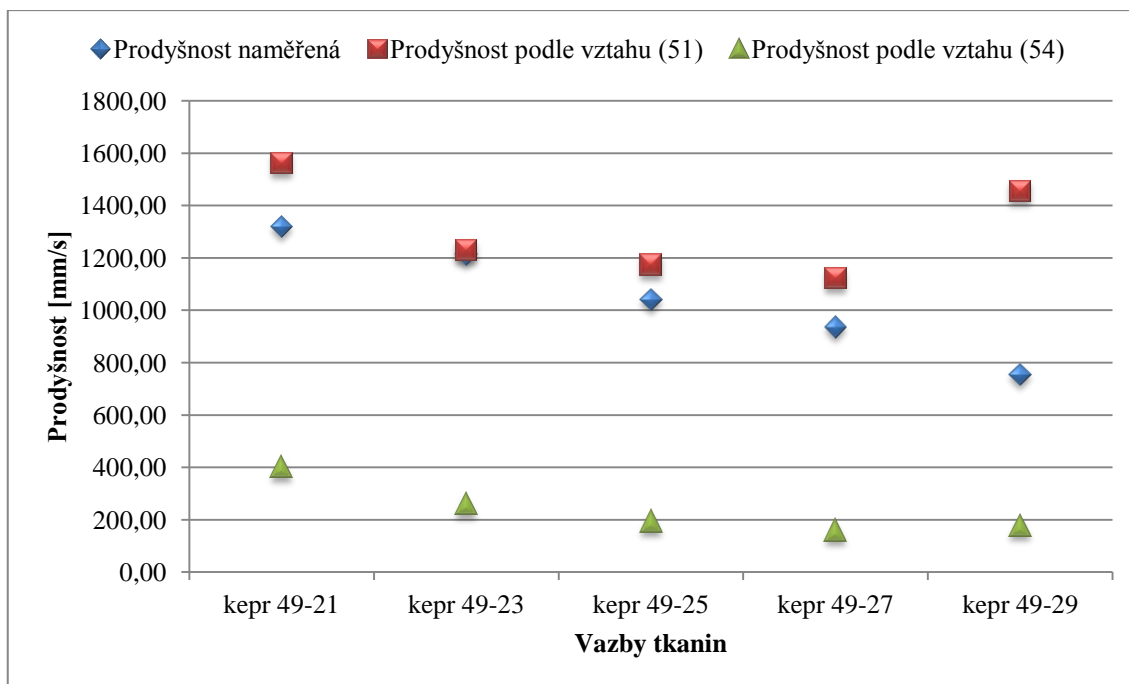
$$\Delta p = 600 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 26** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 600 Pa

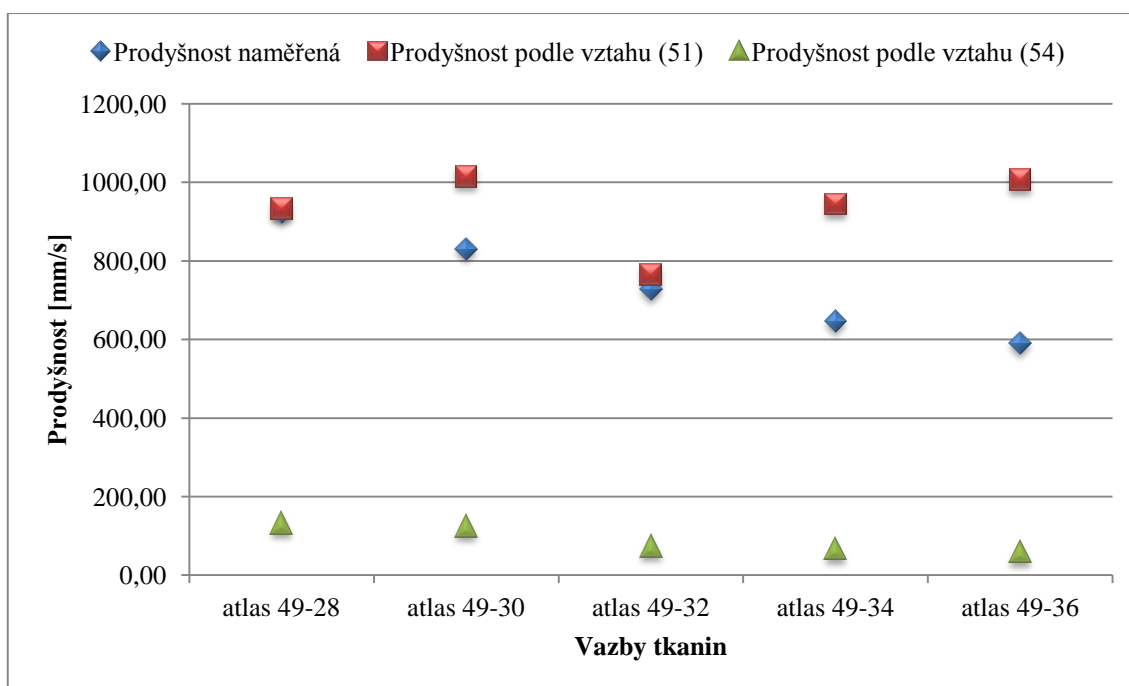
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno 49-12	820,33	1505,86	1279,35
plátno 49-14	628,80	1825,59	1262,17
plátno 49-16	431,00	1839,87	939,63
plátno 49-18	219,27	1410,30	514,72
plátno 49-20	149,27	1612,91	467,43
kepr 49-21	1319,33	1561,92	401,20
kepr 49-23	1214,67	1228,83	257,95
kepr 49-25	1040,67	1172,79	193,00
kepr 49-27	935,40	1121,25	158,77
kepr 49-29	754,47	1454,26	176,90
atlas 49-28	924,33	933,12	131,36
atlas 49-30	830,93	1015,03	123,69
atlas 49-32	727,20	765,21	72,57
atlas 49-34	646,60	944,23	66,49
atlas 49-36	589,80	1006,05	58,40



**Obrázek I 36** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) plátňových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 600 Pa



Obrázek I 37 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 600 Pa

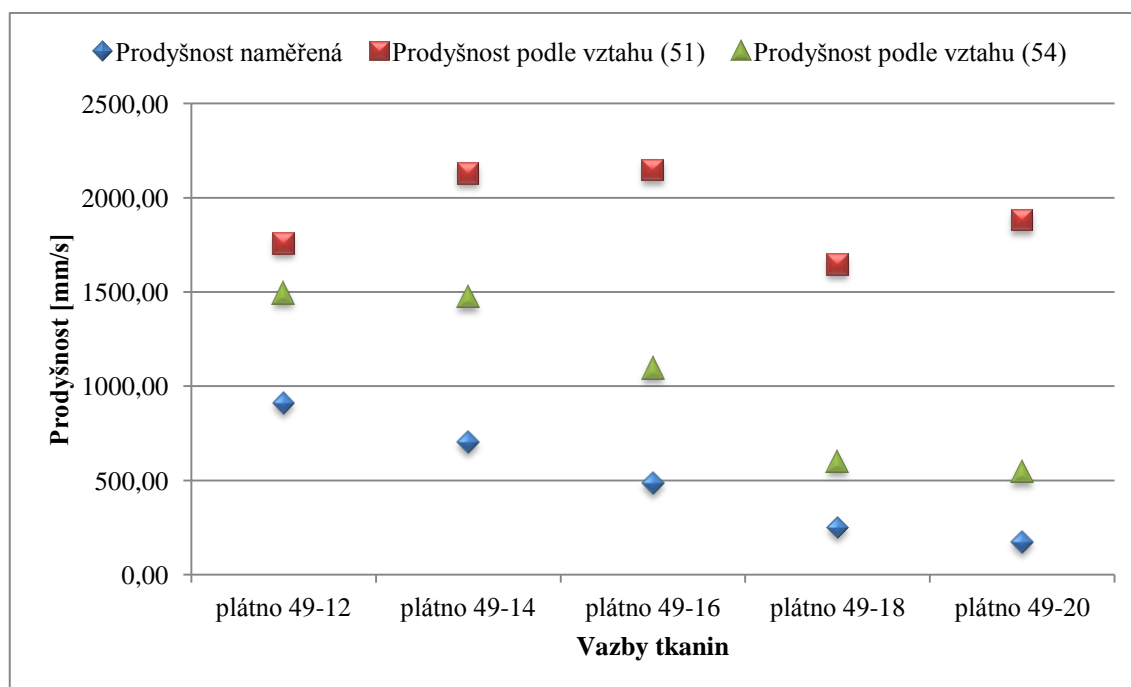


Obrázek I 38 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) atlasových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 600 Pa

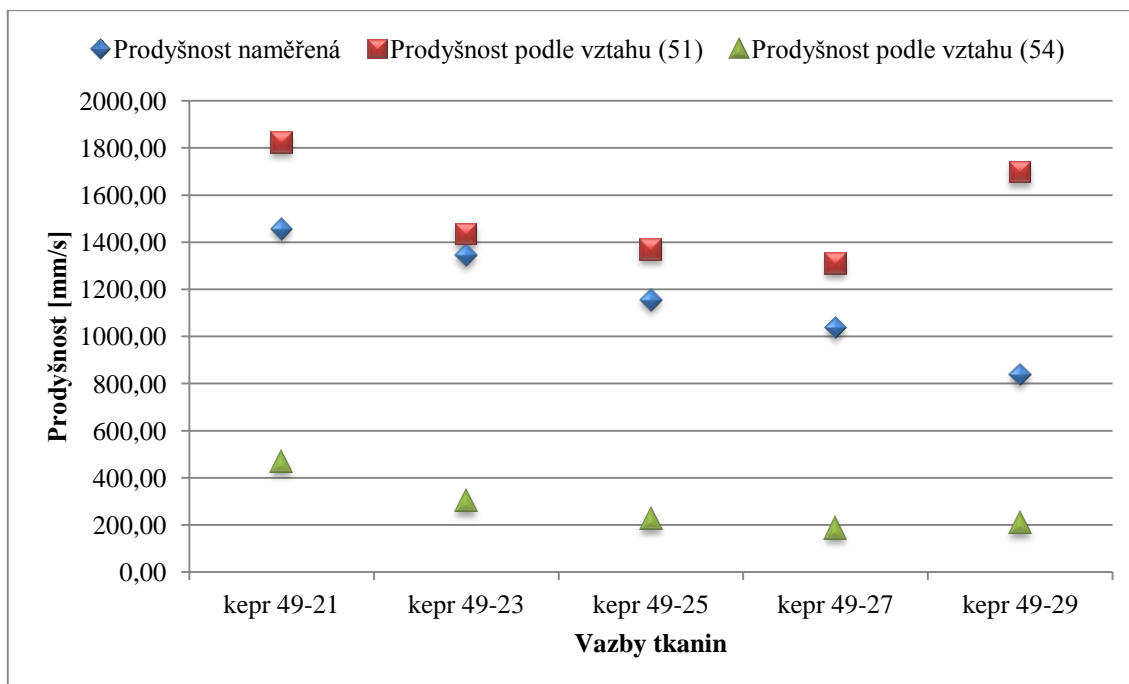
$$\Delta p = 700 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 27** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 700 Pa

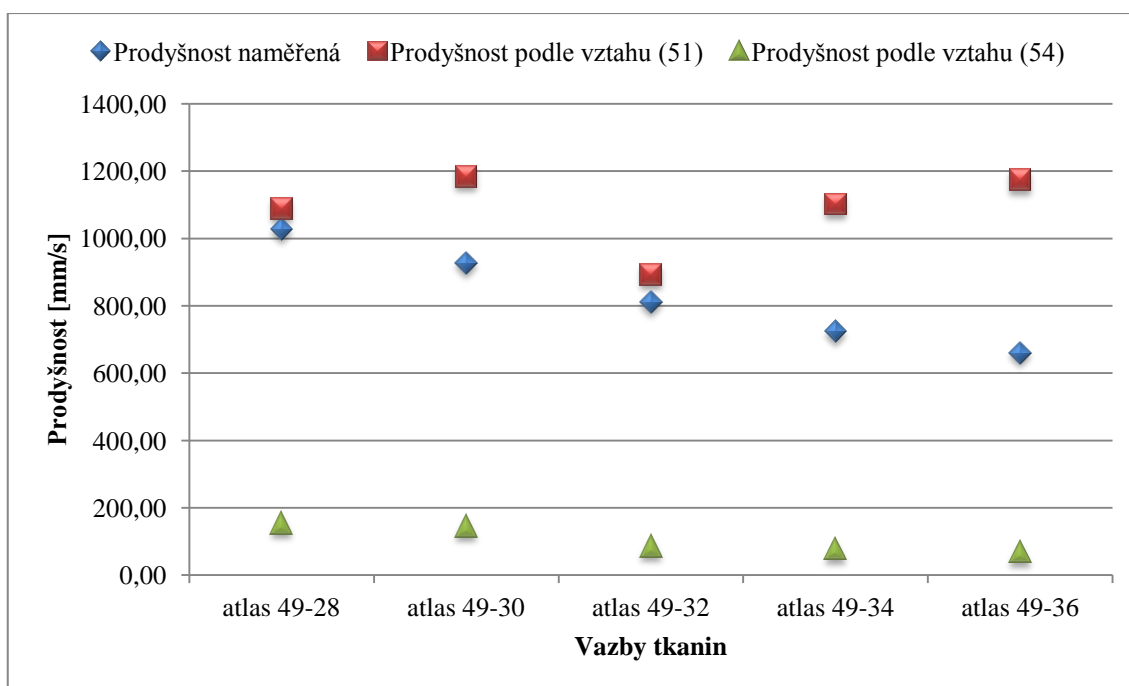
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno 49-12	909,53	1756,83	1492,57
plátno 49-14	702,13	2129,86	1472,53
plátno 49-16	484,67	2146,52	1096,23
plátno 49-18	249,93	1645,35	600,50
plátno 49-20	171,93	1881,73	545,34
kepr 49-21	1456,67	1822,24	468,07
kepr 49-23	1343,33	1433,63	300,94
kepr 49-25	1155,33	1368,26	225,17
kepr 49-27	1036,67	1308,13	185,23
kepr 49-29	838,20	1696,64	206,38
atlas 49-28	1028,40	1088,64	153,26
atlas 49-30	925,33	1184,20	144,30
atlas 49-32	810,67	892,74	84,66
atlas 49-34	723,00	1101,60	77,57
atlas 49-36	660,13	1173,73	68,14



**Obrázek I 39** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) plátnových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 700 Pa



Obrázek I 40 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 700 Pa



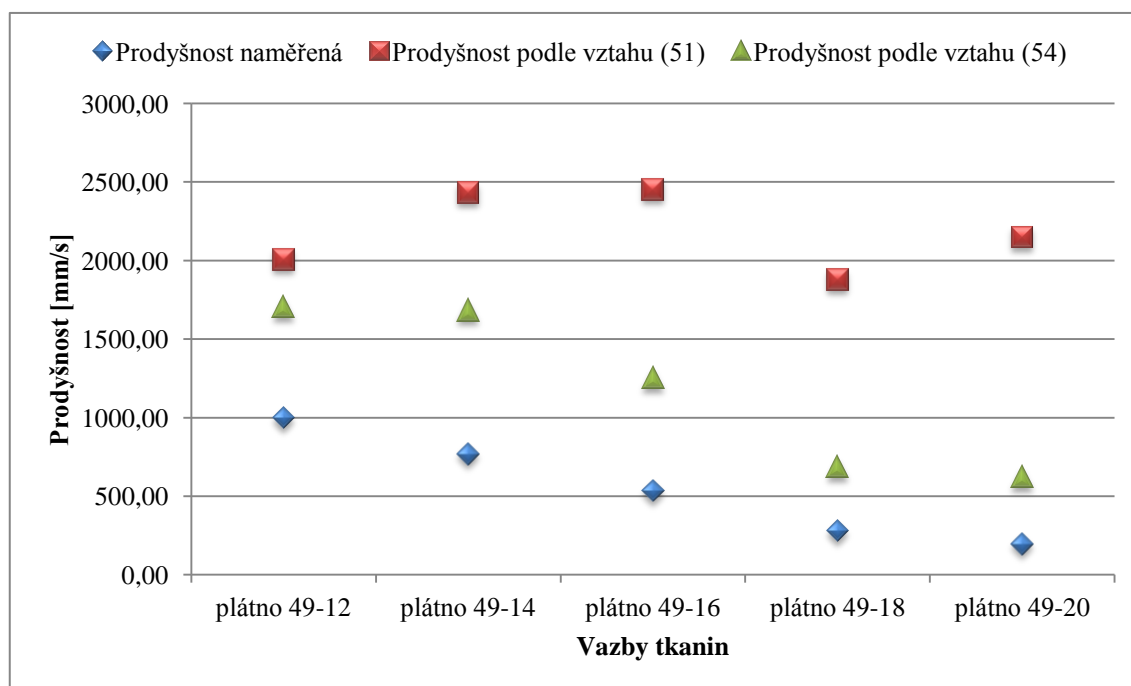
Obrázek I 41 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) atlasových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 700 Pa



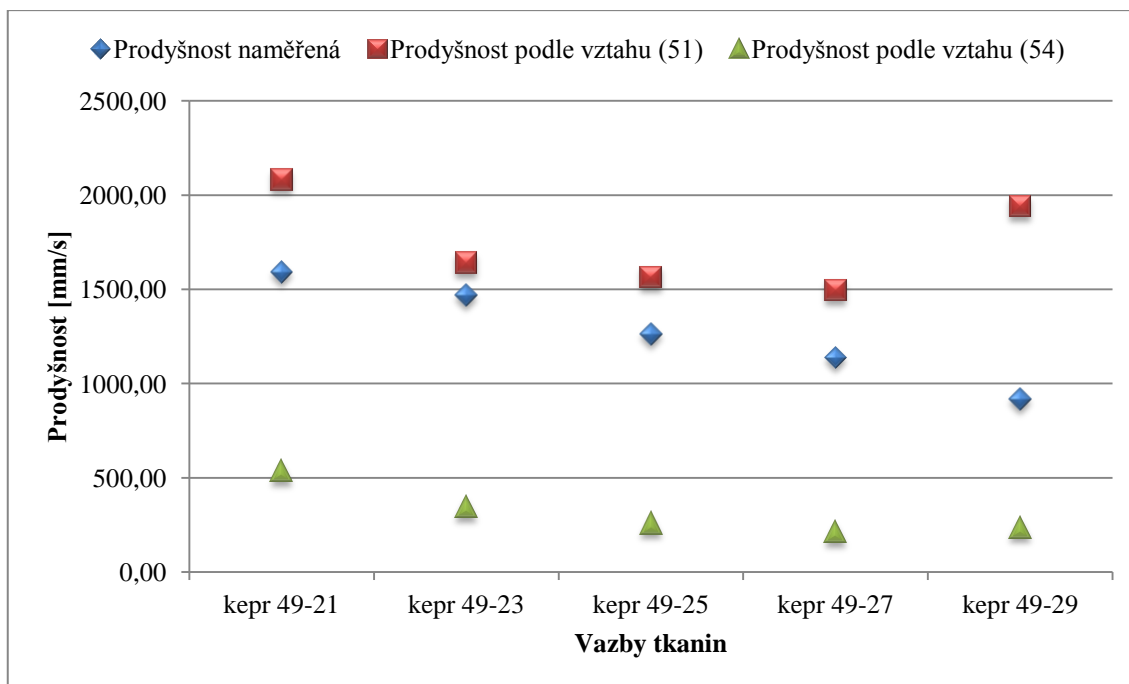
$$\Delta p = 800 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 28** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 800 Pa

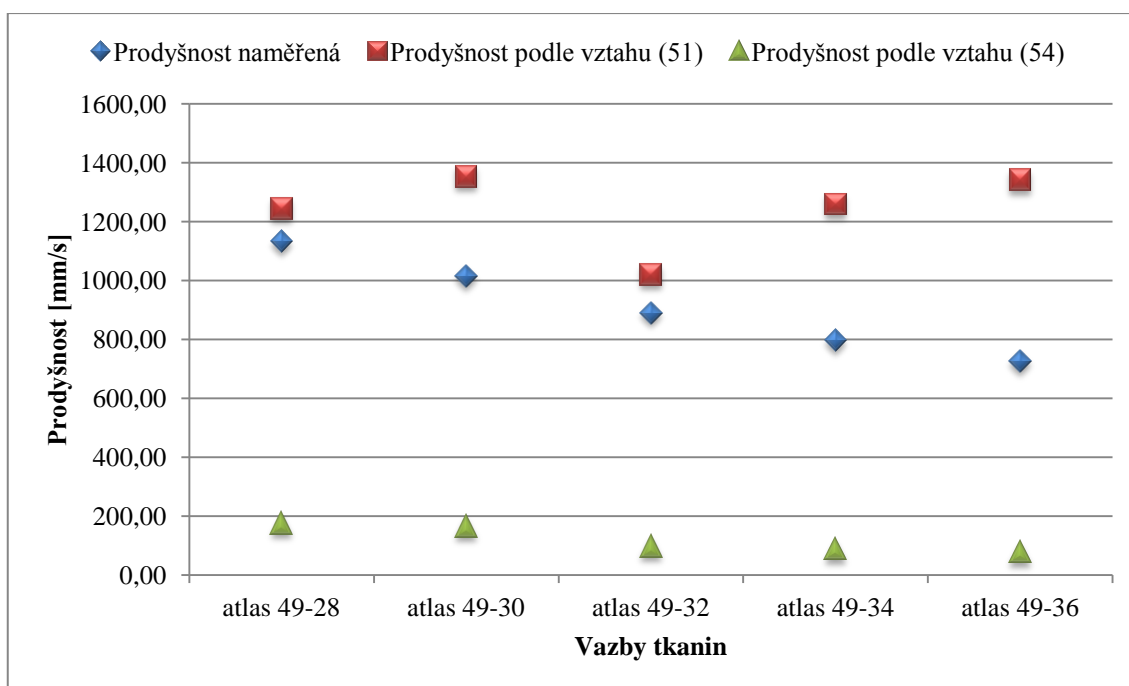
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno 49-12	999,33	2007,81	1705,79
plátno 49-14	768,93	2434,12	1682,89
plátno 49-16	534,33	2453,16	1252,84
plátno 49-18	279,13	1880,40	686,29
plátno 49-20	193,93	2150,55	623,25
kepr 49-21	1589,33	2082,56	534,94
kepr 49-23	1467,33	1638,44	343,94
kepr 49-25	1262,67	1563,73	257,33
kepr 49-27	1138,00	1495,00	211,69
kepr 49-29	916,93	1939,02	235,86
atlas 49-28	1132,00	1244,16	175,15
atlas 49-30	1014,53	1353,37	164,91
atlas 49-32	889,93	1020,27	96,76
atlas 49-34	796,73	1258,97	88,65
atlas 49-36	725,20	1341,41	77,87



**Obrázek I 42** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) plátnových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 800 Pa



Obrázek I 43 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 800 Pa

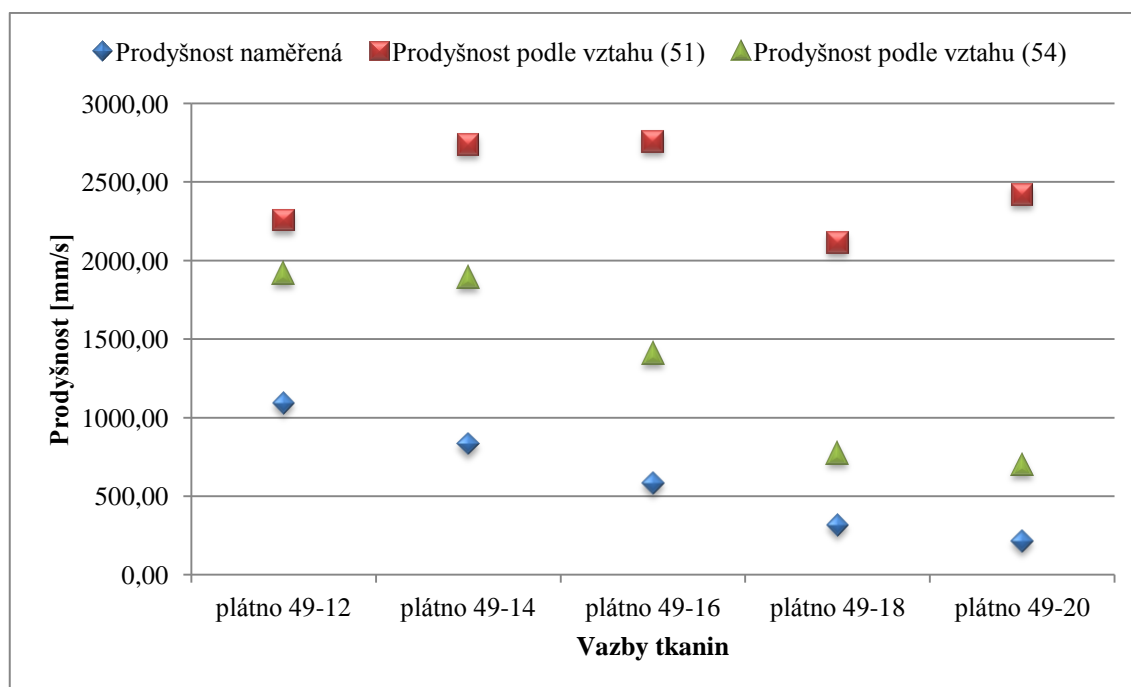


Obrázek I 44 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) atlasových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 800 Pa

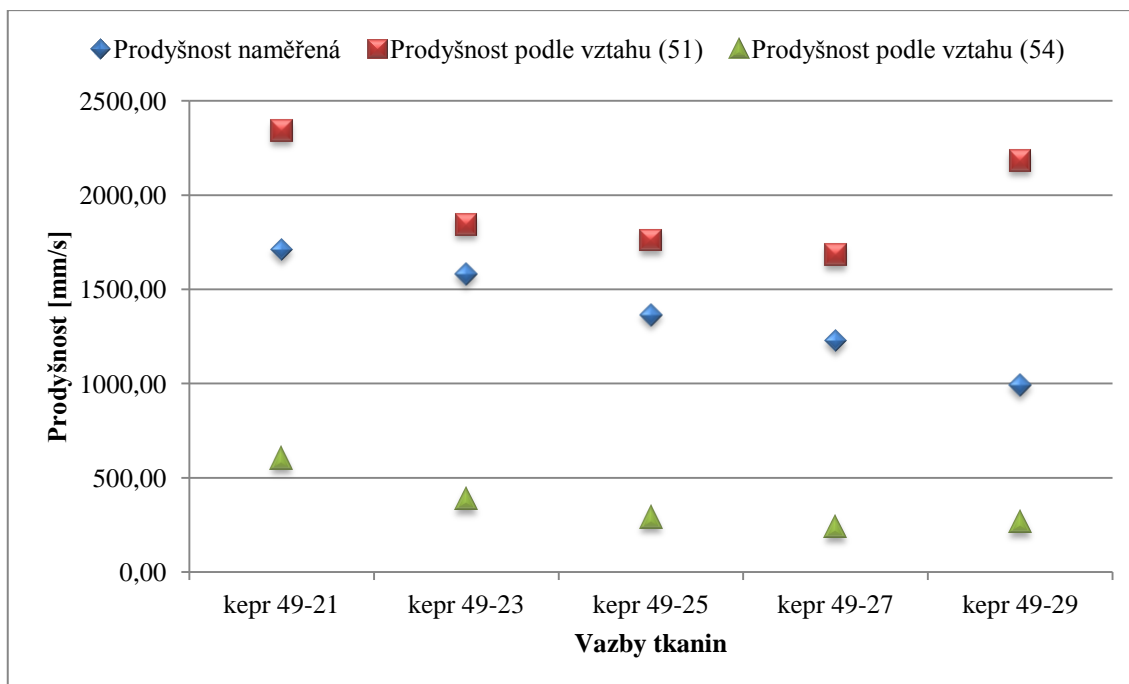
$$\Delta p = 900 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 29** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 900 Pa

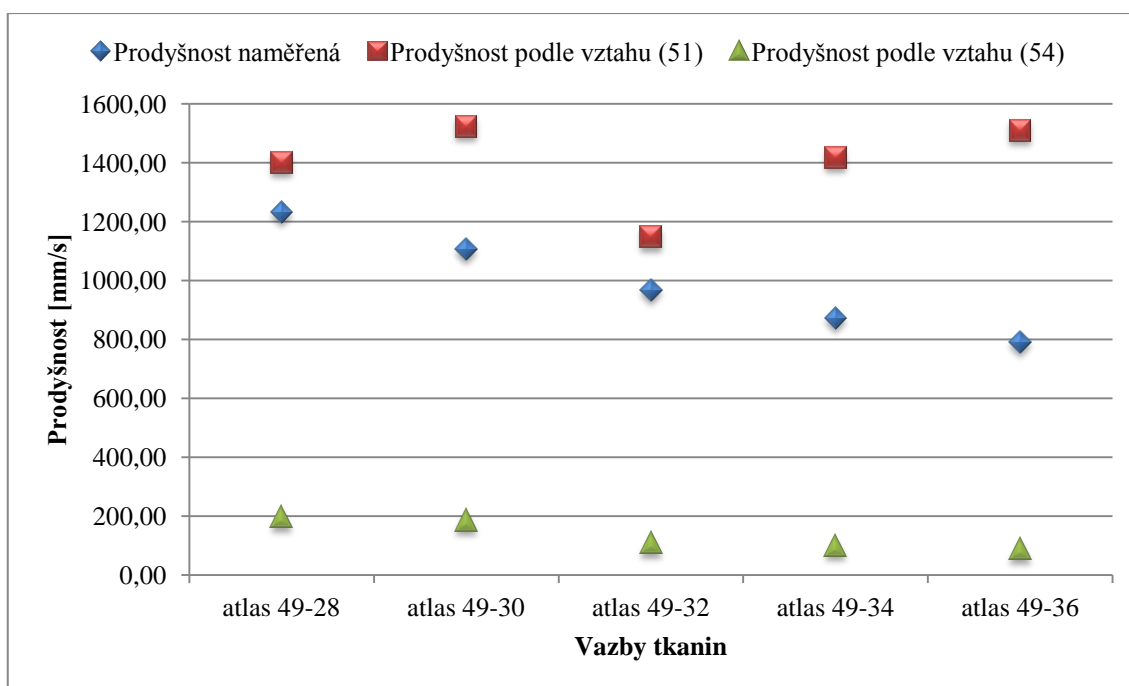
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno 49-12	1090,00	2258,78	1919,02
plátno 49-14	835,00	2738,39	1893,25
plátno 49-16	583,67	2759,81	1409,44
plátno 49-18	314,40	2115,45	772,07
plátno 49-20	215,47	2419,37	701,15
kepr 49-21	1711,33	2342,88	601,80
kepr 49-23	1580,00	1843,24	386,93
kepr 49-25	1363,33	1759,19	289,50
kepr 49-27	1228,67	1681,88	238,15
kepr 49-29	990,07	2181,40	265,34
atlas 49-28	1231,33	1399,68	197,04
atlas 49-30	1104,67	1522,54	185,53
atlas 49-32	966,73	1147,81	108,85
atlas 49-34	872,20	1416,35	99,73
atlas 49-36	788,87	1509,08	87,60



**Obrázek I 45** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) plátnových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 900 Pa



Obrázek I 46 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 900 Pa

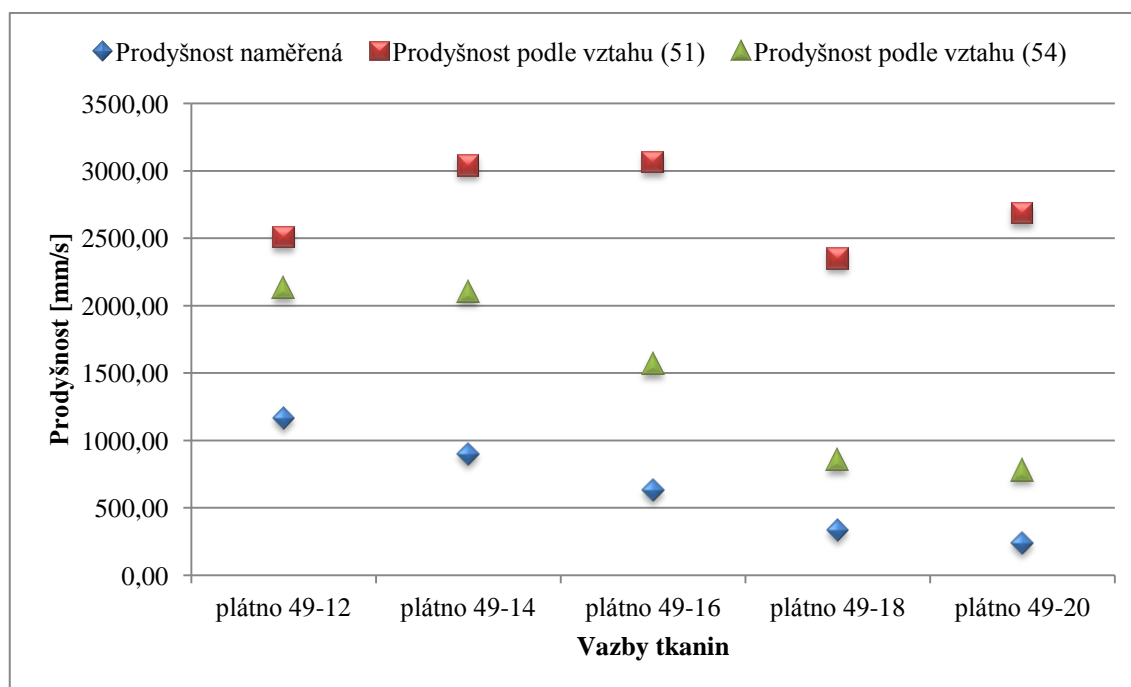


Obrázek I 47 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) atlasových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 900 Pa

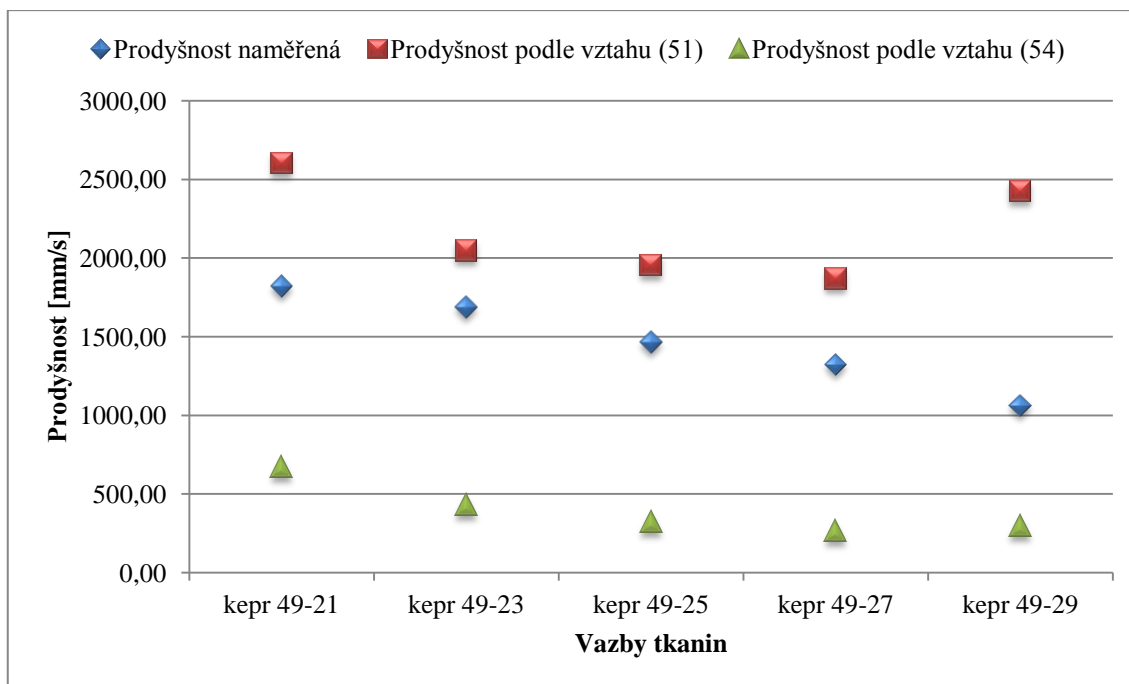
$$\Delta p = 1000 \text{ Pa}$$

**Tabulka I 30** Hodnoty prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 1000 Pa

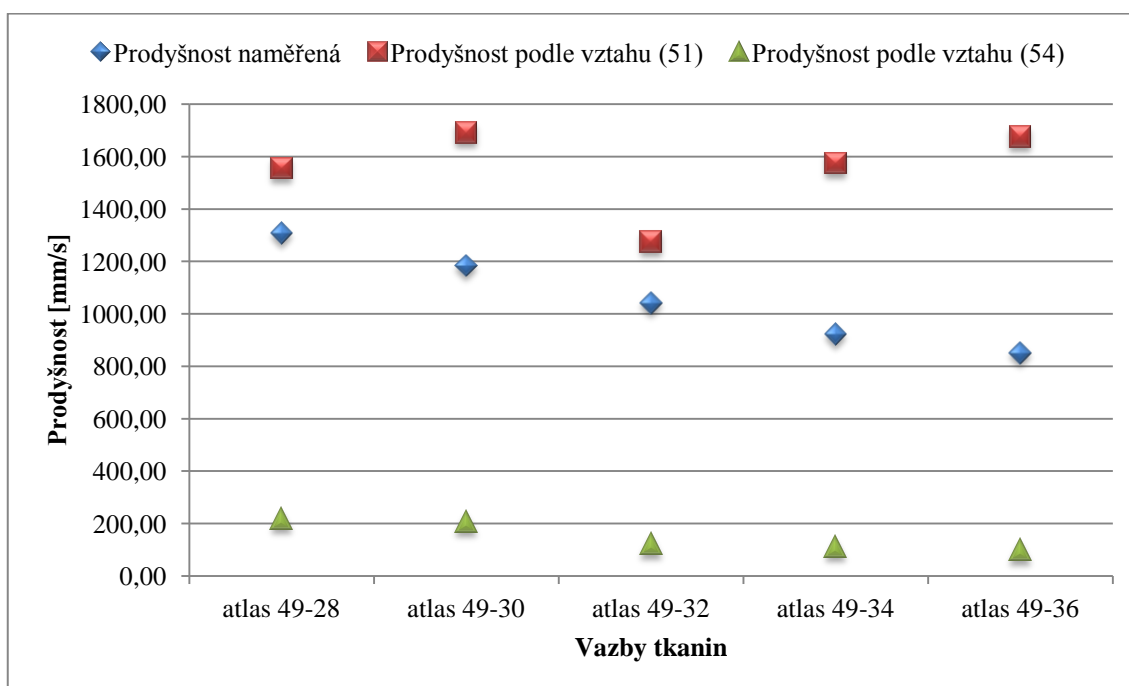
	<i>Prodyšnost naměřená [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (51) [mm/s]</i>	<i>Prodyšnost podle vztahu (54) [mm/s]</i>
plátno 49-12	1165,33	2509,76	2132,24
plátno 49-14	901,00	3042,65	2103,61
plátno 49-16	629,40	3066,45	1566,04
plátno 49-18	335,27	2350,50	857,86
plátno 49-20	236,80	2688,19	779,06
kepr 49-21	1818,67	2603,2	668,67
kepr 49-23	1687,33	2048,05	429,92
kepr 49-25	1462,67	1954,66	321,67
kepr 49-27	1323,33	1868,75	264,61
kepr 49-29	1062,67	2423,77	294,83
atlas 49-28	1308,00	1555,20	218,94
atlas 49-30	1183,33	1691,72	206,14
atlas 49-32	1041,27	1275,34	120,94
atlas 49-34	923,07	1573,72	110,81
atlas 49-36	851,20	1676,76	97,34



**Obrázek I 48** Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) plátňových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 1000 Pa



Obrázek I 49 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) keprových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 1000 Pa



Obrázek I 50 Porovnání prodyšnosti experimentálně naměřené a teoreticky vypočítané podle vztahů (51) a (54) atlasových multifilových PA tkanin při tlakovém spádu 1000 Pa